

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel. Bagian-bagian jalan meliputi ruang manfaat jalan, ruang milik jalan, dan ruang pengawasan jalan (UU No.38:2004).

2.1.1 Klasifikasi jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan dalam menerima beban lalu-lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton, dan kemampuan jalan tersebut dalam melayani lalu-lintas kendaraan dengan dimensi tertentu. Klasifikasi kelas jalan, fungsi dan dimensi kendaraan maksimum kendaraan yang diijinkan melalui jalan tersebut, menurut Peraturan Pemerintah RI No.43/1993, pasal 11, ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas, Fungsi, Dimensi Kendaraan dan Muatan Sumbu Terberat

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi kendaraan maksimum		Muatan Sumbu Terberat, MST (Ton)
		Panjang (m)	Lebar (m)	
I	Arteri	18	2,5	>10
II		18	2,5	10
III A		18	2,5	8
III A	Kolektor	18	2,5	8
III B		12	2,5	8
III C	Lokal	9	2,1	8

Sumber: RSNI T-14-2004

Istilah-istilah dan definisi fungsi jalan adalah sebagai berikut (RSNI T-14-2004 ; MKJI, 1997 ; UU RI No.13 : 1980):

1. Jalan perkotaan

Jalan perkotaan adalah jalan di daerah perkotaan yang mempunyai perkembangan secara permanen dan menerus sepanjang seluruh atau hampir seluruh jalan, minimum pada satu sisi jalan, apakah berupa perkembangan lahan atau bukan. Jalan pada atau dekat pusat perkotaan dengan penduduk lebih dari 100.000 jiwa selalu digolongkan dalam kelompok ini. Jalan di daerah perkotaan dengan penduduk kurang dari 100.000 jiwa juga digolongkan dalam kelompok ini, jika mempunyai perkembangan samping jalan yang permanen dan menerus.

2. Jalan arteri

Jalan arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

3. Jalan kolektor

Jalan kolektor adalah jalan yang melayani angkutan utama pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata yang sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

4. Jalan lokal

Jalan lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

5. Jalan arteri primer

Jalan arteri primer adalah jalan yang menghubungkan secara efisien antar pusat kegiatan nasional atau antar pusat kegiatan nasional dengan kegiatan wilayah.

6. Jalan kolektor primer

Jalan kolektor primer adalah jalan yang menghubungkan secara efisien antar pusat kegiatan wilayah atau menghubungkan antara pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal.

7. Jalan arteri sekunder

Jalan arteri sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder ke satu, atau menghubungkan kawasan sekunder ke satu, atau menghubungkan kawasan sekunder ke satu dengan kawasan sekunder ke satu atau menghubungkan kawasan sekunder ke satu dengan kawasan sekunder ke dua.

8. Jalan kolektor sekunder

Jalan kolektor sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ke dua atau menghubungkan kawasan sekunder ke dua dengan kawasan sekunder ke tiga.

9. Jalan lokal sekunder

Jalan lokal sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder ke satu dengan perumahan, menghubungkan kawasan sekunder ke dua dengan perumahan, kawasan sekunder ke dua dengan perumahan, kawasan sekunder ke tiga dan seterusnya sampai ke perumahan.

2.1.2 Bagian-bagian jalan

Badan jalan adalah bagian jalan yang meliputi jalur lalu-lintas, dengan atau tanpa jalur pemisah, dan bahu jalan. Gambar 2.1 menunjukkan komposisi potongan melintang jalan menurut RSNI T-14-2004. Komposisi potongan melintang jalan tersebut terdiri atas jalur lalu lintas, bahu jalan, saluran samping, median termasuk jalur tepian, trotoar/ jalur pejalan kaki, jalur sepeda, separator/jalur hijau, dan jalur lambat. Berikut ini beberapa definisi bagian-bagian jalan menurut RSNI T-14-2004.



Gambar 2.1 Tipikal Potongan Melintang Jalan 2-lajur-2arah Tak Terbagi

1. Jalur dan lajur

Jalur lalu-lintas kendaraan didefinisikan sebagai bagian jalan yang digunakan untuk lalu-lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Batas jalur lalu-lintas dapat berupa median jalan, bahu jalan, trotoar, pemisah/separator jalan.

Lajur didefinisikan sebagai bagian jalur yang memanjang, dengan atau tanpa marka, yang memiliki lebar cukup untuk satu kendaraan bermotor yang sedang berjalan (PP RI No.43, tahun 1993). Kemiringan lajur kearah melintang umumnya sekitar 2-3% (Gambar 2.2).

Lebar jalur ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur serta bahu jalan. Lebar lajur lalu-lintas umumnya berkisar antara 3 - 4,2 m. Dalam kondisi khusus lebarnya bisa 3m. Lebar lajur lalu-lintas berpengaruh pada kapasitas jalan raya. Jumlah lajur ditentukan dari hitungan perancangan lalu-lintas dan pertimbangan-pertimbangan lain yang terkait. Lebar lajur yang sering digunakan untuk jalan raya adalah 3,6 m (12 ft). Bila digunakan lebar lajur 3 m, bagian bahu dan pinggir perkerasan akan mengalami lebih banyak risiko kerusakan. Banyak jalan raya telah menggunakan 3 lajur lalu-lintas dalam satu arah. Dalam kondisi tertentu, jalan satu arah dapat terdiri dari 4 lajur.

Bila lajur dibatasi oleh marka garis membujur terputus, maka lebar lajur diukur dari sisi dalam garis tengah marka garis tepi jalan sampai dengan garis tengah marka garis pembagi arah pada jalan 2-lajur-2-arah atau sampai dengan garis tengah garis pembagi lajur pada jalan berlajur lebih dari satu. Bila lajur dibatasi oleh marka garis membujur utuh, maka lebar lajur diukur dari masing-masing tepi sebelah dalam marka membujur garis utuh. Dalam Tabel 2.2 ditunjukkan lebar lajur dan bahu jalan sesuai dengan kelas jalan yang disarankan dalam RSNI T-14-2004. Lebar jalur minimum adalah 4,5 m. Dengan lebar ini, 2 kendaraan dengan lebar maksimum 2,1 m dapat saling berpapasan.

Tabel 2.2 Lebar Lajur dan Bahu Jalan

Kelas Jalan	Lebar lajur (m)		Lebar bahu sebelah luar (m)			
	Disarankan	Minimum	Tanpa Trotoar		Dengan Trotoar	
			Disarankan	Minimum	Disarankan	Minimum
I	3,60	3,50	2,50	2,00	1,00	0,50
II	3,60	3,00	2,50	2,00	0,50	0,25
IIIA	3,60	2,75	2,50	2,00	0,50	0,25
IIIB	3,60	2,75	2,50	2,00	0,50	0,25
IIIC	3,60	*	1,50	0,50	0,50	0,25

Sumber : RSNI T-14-2004

Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada bagian alinyemen jalan yang lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut (RSNI T-14-2004):

- Untuk perkerasan lentur (aspal) dan perkerasan beton semen Portland, kemiringan melintang 2-3%
- Pada jalan yang mempunyai lajur lebih dari 2, kemiringan melintang ditambah 1% ke arah yang sama;
- Untuk jenis perkerasan lain, kemiringan melintang disesuaikan dengan karakteristik permukaannya.

2. Jalur lalu lintas

Jalur lalu lintas untuk kendaraan adalah bagian jalur jalan yang direncanakan khusus untuk lintasan kendaraan bermotor.

3. Jalur lalu lintas untuk pejalan kaki

Jalur lalu lintas untuk pejalan kaki adalah bagian jalur jalan yang direncanakan khusus untuk pejalan kaki.

4. Jalur hijau

Jalur hijau adalah bagian dari jalan yang disediakan untuk penataan tanaman (pohon, perdu, atau rumput) yang ditempatkan menerus berdampingan dengan trotoar atau dengan jalur sepeda atau dengan bahu jalan atau pada pemisah jalur (median jalan).

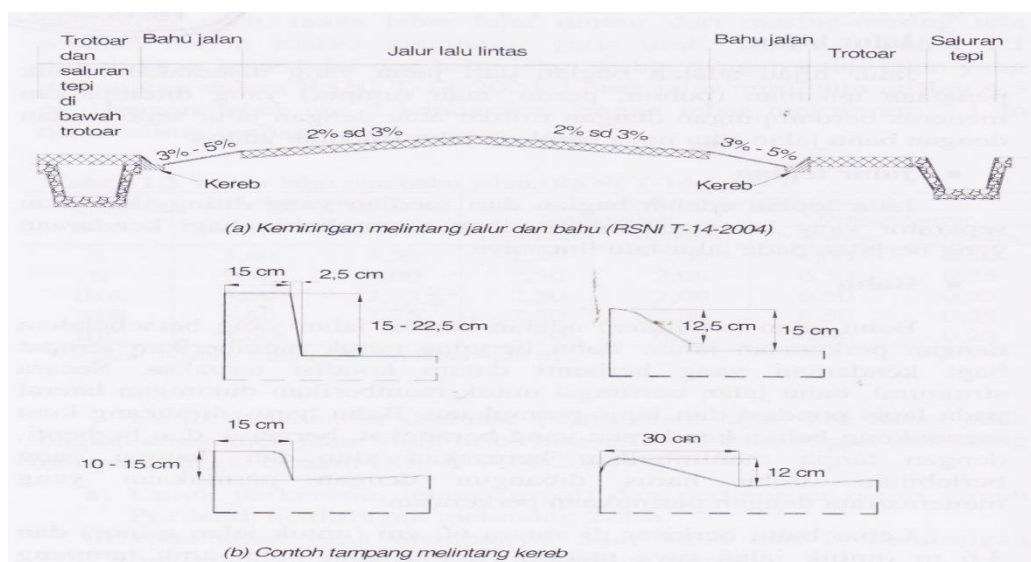
5. Jalur tepian

Jalur tepian adalah bagian dari median yang ditinggikan atau separator yang berfungsi memberikan ruang bebas bagi kendaraan yang berjalan pada jalur lalu-lintasnya.

6. Bahu

Bahu jalan (*shoulder*) adalah bagian jalan yang bersebelahan dengan perkerasan jalan. Bahu berguna untuk memberikan tempat bagi kendaraan yang berhenti dalam kondisi terpaksa. Secara struktural, bahu jalan berfungsi untuk memberikan dukungan lateral pada lapis pondasi dan lapis permukaan. Bahu harus dirancang kuat mendukung beban kendaraan yang berangkat, bergerak dan berhenti, dengan tanpa menimbulkan kerusakan alur dan distorsi yang berlebihan. Bahu harus dibangun permukaan yang menerus/rata dengan permukaan perkerasan.

RSNI T-14-2004 mensyaratkan bahu jalan harus mempunyai kemiringan melintang 3-5% (Gambar 2.2), lebar minimal bahu jalan untuk bahu-luar dan bahu dalam ditunjukkan dalam Tabel 2.2 Kemiringan melintang bahu jalan harus lebih besar dari kemiringan melintang lajur kendaraan. Ketinggian permukaan bahu jalan harus menerus dengan permukaan perkerasan jalan.



Gambar 2.2 Kemiringan Melintang Jalur dan Bahu Jalan (RSNI T-14-2004) dan Contoh Tampang Melintang Kereb.

7. Kereb

Kereb (*kerb*) atau *curb* adalah suatu bentuk elemen pembatas yang dipasang di tepi dari jalan. Kereb merupakan bangunan pelengkap jalan yang dipasang sebagai pembatas jalur lalu-lintas dengan bagian jalan lainnya.

Kereb berfungsi untuk:

- a. Penghalang atau pencegah kendaraan ke luar dari jalur lalu-lintas.
- b. Pengaman terhadap pejalan kaki, mempertegas batas tepi perkerasan jalan.
- c. Memperbaiki estetika/pemandangan.

Dengan fungsinya sebagai fasilitas drainase, kereb dapat digabungkan ke dalam satu sistem dengan bangunan selokan samping. Kereb dapat dibuat dari beton semen portland, beton aspal, atau batu yang dibentuk. (Gambar 2.2)

8. Trotoar

Trotoar adalah jalur lalu lintas untuk pejalan kaki yang umumnya sejajar dengan sumbu jalan dan lebih tinggi dari permukaan perkerasan jalan (untuk menjamin keselamatan pejalan kaki yang bersangkutan).

9. Median

Median adalah bagian dari jalan yang tidak dapat dilalui oleh kendaraan dengan bentuk memanjang sejajar jalan. Median terletak di sumbu/tengah jalan, dimaksudkan untuk memisahkan arus lalu lintas yang berlawanan. Median yang ditinggikan (*raised*), median yang diturunkan (*depressed*), atau median datar (*flush*).

2.2 Perencanaan Geometrik

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survey lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku. Acuan Perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang dianut di Indonesia. Standar peraturan tersebut, dibuat oleh Direktorat Jenderal Bina Marga (sekarang dilebur dalam Departemen

Pemukiman dan Prasarana Wilayah-Kimpraswil) yang disesuaikan dengan klasifikasi jalan berdasarkan peruntukan jalan raya, yaitu:

1. Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No.13.1990.
2. Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, 1992
3. Peraturan Perencanaan Geometrik untuk Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997 (Saodang, 2005).

2.2.1 Kriteria perencanaan

Perencanaan geometrik jalan bertujuan untuk menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan. Ruang, bentuk, dan ukuran jalan dikatakan baik, jika dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan. Yang menjadi dasar perencanaan geometrik adalah sifat gerakan dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan kendaraannya, dan karakteristik arus lalu lintas. Hal-hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencana sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan yang di harapkan (Sukirman, 1999).

1. Kendaraan rencana

Dilihat dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan, kendaraan-kendaraan tersebut dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok. Umumnya dapat dikelompokkan menjadi mobil penumpang, bus/truk, semi trailer, trailer. Untuk perencanaan, Setiap kelompok diwakili oleh satu ukuran standar, dan disebut sebagai kendaraan rencana. Ukuran kendaraan rencana untuk masing-masing kelompok adalah ukuran terbesar yang mewakili kelompoknya.

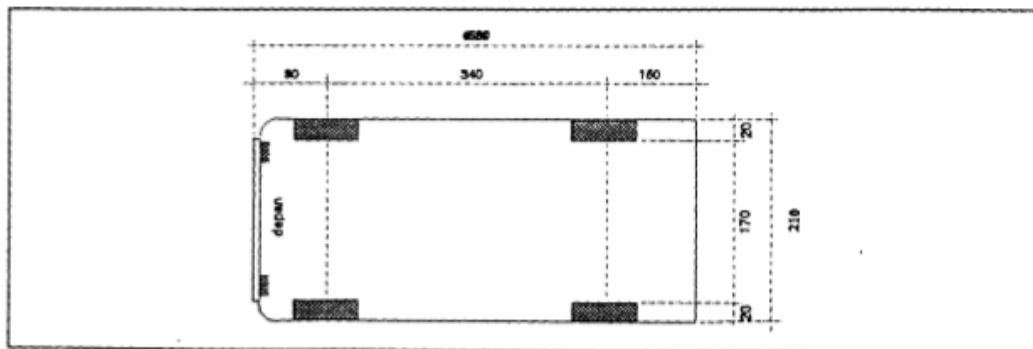
Kendaraan rencana adalah kendaraan yang merupakan wakil dari kelompoknya, dipergunakan untuk merencanakan bagian-bagian dari jalan. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran lebar kendaraan rencana akan mempengaruhi lebar lajur yang dibutuhkan. Sifat membelok kendaraan rencana akan mempengaruhi perencanaan tikungan, dan lebar median dimana mobil diperkenankan untuk memutar (*U turn*). Daya kendaraan akan

mempengaruhi tingkat kelandaian yang dipilih, dan tingkat tinggi tempat duduk pengemudi akan mempengaruhi jarak pandang pengemudi. Kendaraan rencana mana yang akan dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan ditentukan oleh fungsi jalan dan jenis kendaraan dominan yang memakai jalan tersebut. Pertimbangan biaya tentu juga dipilih sebagai kriteria perencanaan (Sukirman, 1999).

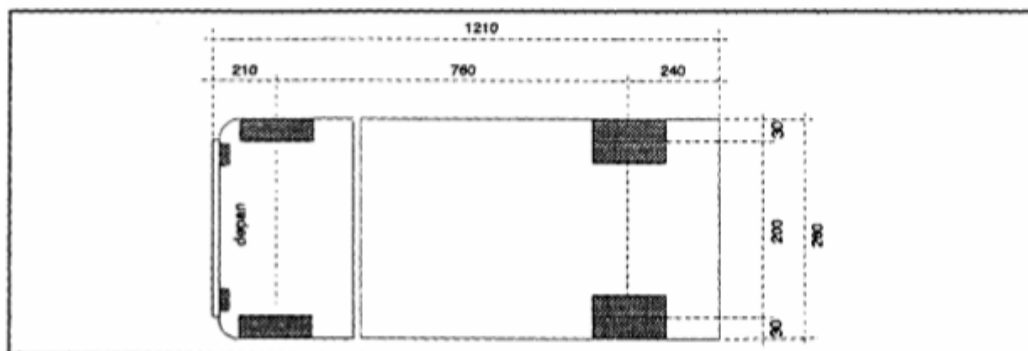
Tabel 2.3. Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	min	maks	
Kendaraan Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kendaraan Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Kendaraan Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

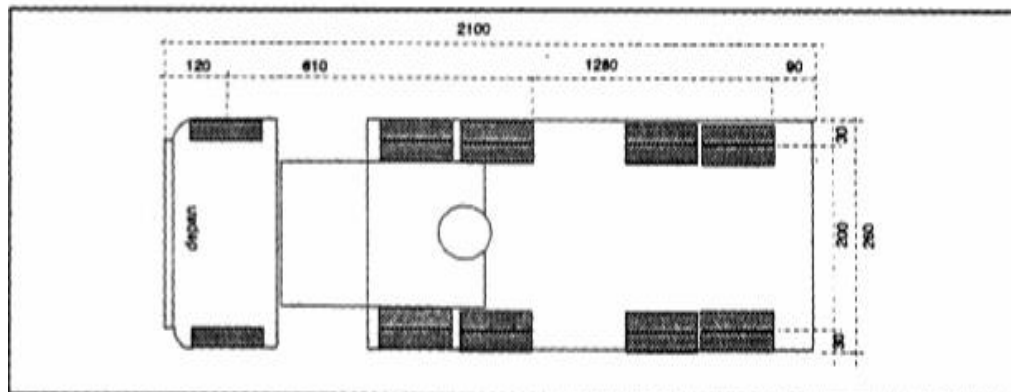
(Sumber: TPGJAK, 1997)



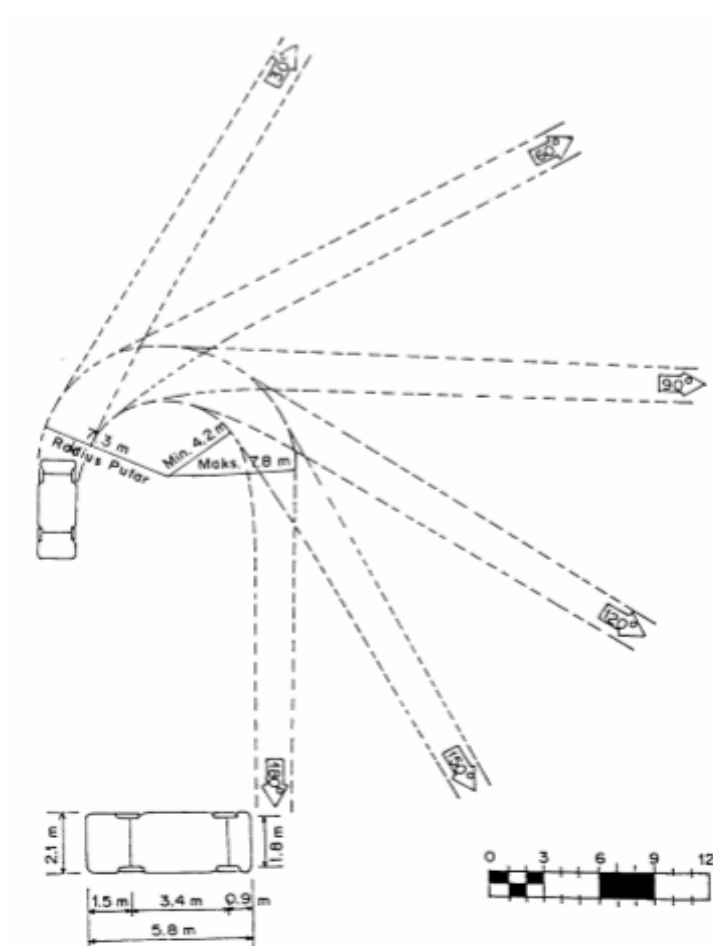
Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Kecil



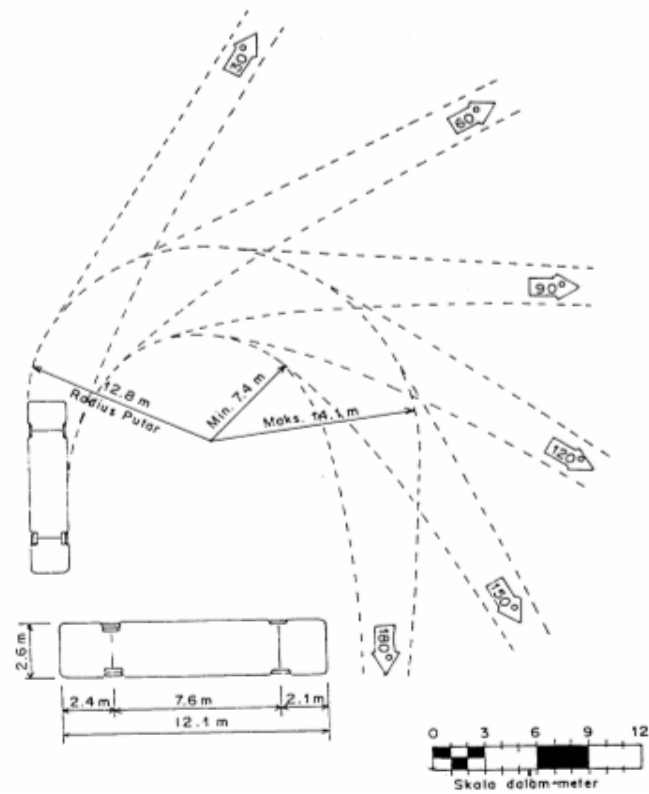
Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Sedang



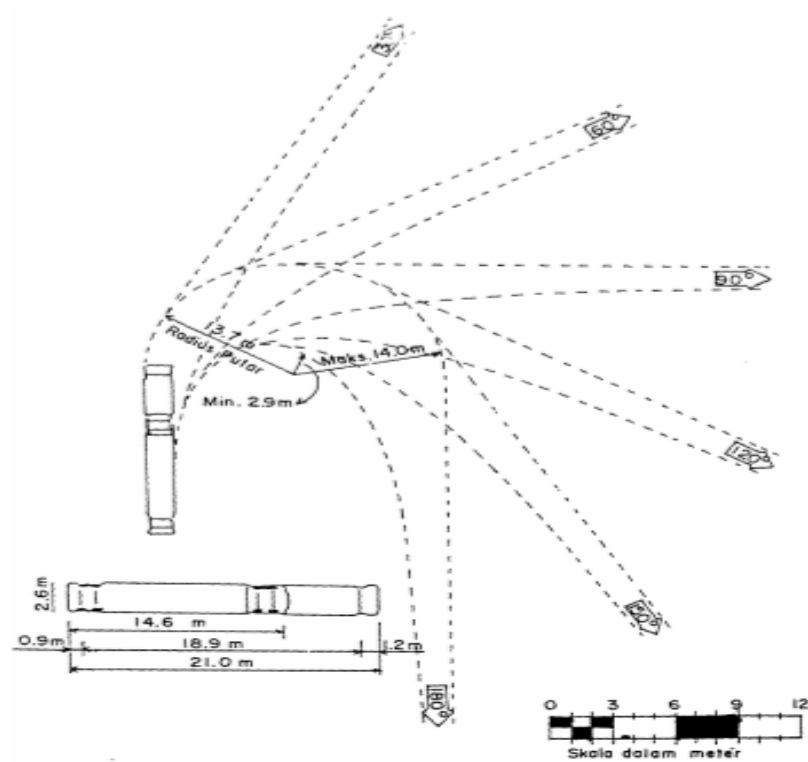
Gambar 2.5 Dimensi Kendaraan Besar



Gambar 2.6 Jari-Jari Manuver Kendaraan Kecil



Gambar 2.7 Jari-Jari Manuver Kendaraan Sedang



Gambar 2.8 Jari-Jari Manuver Kendaraan Besar

2. Kecepatan rencana

Kecepatan adalah besaran yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dibagi waktu tempuh. Biasanya dinyatakan dalam km/jam. Kecepatan ini menggambarkan nilai gerak dari kendaraan. Perencanaan jalan yang baik tentu saja haruslah berdasarkan kecepatan yang dipilih dari keyakinan bahwa kecepatan tersebut sesuai dengan kondisi dan fungsi jalan yang diharapkan.

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang dan lain-lain. Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan.

Tabel 2.4 Kecepatan Rencana, Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi Medan Jalan.

Fungsi	Kecepatan Rencana, V_R (Km/Jam)		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70-120	60-80	40-70
Kolektor	60-90	50-60	30-50
Lokal	40-70	30-50	20-30

(Sumber: TPGJAK, 1997)

3. Volume lalu lintas

Volume lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas, yang dinyatakan dalam SMP/hari. Volume jam rencana (VJR), adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam, dan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$VJR = VLHR \times K/F \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

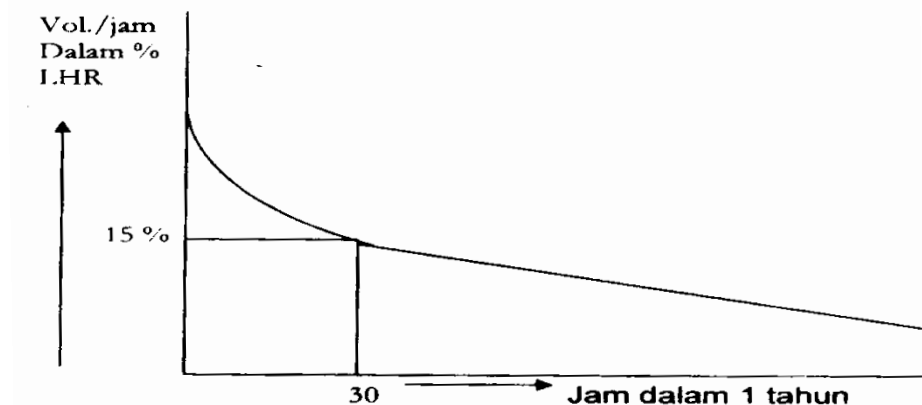
K = disebut faktor K, adalah faktor volume lalu lintas jam sibuk

F = disebut faktor F, adalah faktor variasi tingkat lalu lintas per seperempat jam, dalam satu jam.

VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan. Arus lalu lintas bervariasi dari jam berikutnya dalam satu hari. Volume 1 jam yang dapat dipergunakan sebagai VJR harus sedemikian rupa sehingga:

- Volume tersebut tidak boleh terlalu sering terdapat pada distribusi arus lalu lintas setiap jam untuk periode satu tahun;
- Apabila terdapat volume arus lalu lintas per jam yang melebihi volume jam perencanaan, maka kelebihan tersebut tidak boleh mempunyai nilai yang terlalu besar;
- Volume tersebut tidak boleh mempunyai nilai yang sangat besar sehingga akan mengakibatkan jalan akan menjadi lengang dan biayanya pun mahal.

Bentuk umum dari lengkung yang menggambarkan hubungan antara jumlah jam dengan volume perjam yang lebih besar dan yang ditunjukkan dengan volume/jam dinyatakan dalam persentase LHR, sebagaimana Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Grafik Jumlah Jam dengan Volume/Jam Rencana

AASHTO menyatakan bahwa titik lengkung terjadi pada jam sibuk ke 30, dengan volume lalu lintas/jam = 15% LHR. Berarti terdapat 30 jam dalam setahun volume lalu lintas jauh lebih tinggi dari kondisi di titik lengkung. Volume jam rencana jalan arteri sebaiknya diambil pada kondisi ini. Secara teoritis jalan yang direncanakan dengan VJR pada kondisi titik lengkung akan mengalami volume lalu lintas lebih besar, kira-kira 30 jam x 365 hari x

24 jam, yang ada dalam setiap tahunnya. Agar ekonomis, pada jalan-jalan yang kurang penting, VJR dapat diambil pada kondisi volume lalu lintas jam sibuk ke 100-200 jam dalam 365 hari x 24 jam jalan akan mengalami kemacetan, dan kemacetan tersebut tersebut selama satu tahun.

Tabel 2.5 Penentuan Faktor- K dan Faktor- F Berdasarkan Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata

VLHR (SMP/Hari)	Faktor- K	Faktor- F
> 50.000	4 – 6	0,90 – 1
30.000 – 50.000	6 – 8	0,80 – 1
10.000 – 30.000	6 – 8	0,80 – 1
5.000 – 10.000	8 – 10	0,60 – 0,80
1000 – 5.0000	10 – 12	0,60 – 0,80
< 1.000	12 – 16	< 0,60

(Sumber: TPGJAK, 1997)

4. Tingkat pelayanan (*Level of service*)

Adalah tolak ukur yang digunakan untuk menentukan kualitas pelayanan suatu jalan. Tingkat pelayanan, dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kecepatan perjalanan dan perbandingan antara volume dengan kapasitas (V/C).

Kecepatan perjalanan merupakan indikator dari pelayanan jalan, makin cepat berarti pelayanan baik atau sebaliknya. Faktor ini dipengaruhi oleh keadaan umum fisik jalan.

Highway Capacity Manual, membagi tingkat pelayanan jalan atas 6 (enam) keadaan, yaitu:

Tingkat pelayanan A, dengan ciri-ciri:

- Arus lalu lintas bebas tanpa hambatan
- Volume dan kepadatan lalu lintas rendah
- Kecepatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi

Tingkat pelayanan B, dengan ciri-ciri:

- Arus lalu lintas stabil

- Kecepatan mulai dipengaruhi oleh keadaan lalu lintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi

Tingkat pelayanan C, dengan ciri-ciri:

- Arus lalu lintas masih stabil
- Kecepatan perjalanan dan kebebasan bergerak sudah dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas sehingga pengemudi tidak dapat lagi memilih kecepatan yang diinginkannya.

Tingkat pelayanan D, dengan ciri-ciri:

- Arus lalu lintas sudah mulai tidak stabil
- Perubahan volume lalu lintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan

Tingkat pelayanan E, dengan ciri-ciri:

- Arus lalu lintas sudah tidak stabil
- Volume kira-kira sama dengan kapasitas
- Sering terjadi kemacetan

Tingkat pelayanan F, dengan ciri-ciri:

- Arus lalu lintas tertahan pada kecepatan rendah
- Seringkali terjadi kemacetan
- Arus lalu lintas rendah.

5. Jarak pandangan

Jarak pandangan adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, maka pengemudi dapat melakukan sesuatu tindakan untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman.

Jarak pandang terbagi menjadi dua bagian, yaitu jarak pandang henti (J_h) dan jarak pandang mendahului (J_d).

a. Jarak pandangan henti (J_h)

Adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman, begitu melihat adanya halangan didepan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi jarak pandangan henti (J_h). Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi

bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 15cm, diukur dari permukaan jalan.

Jarak pandangan henti (J_h), terdiri atas dua komponen yaitu :

- 1) Jarak tanggap (J_{ht}), adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
- 2) Jarak pengereman (J_{hr}), adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jarak pandangan henti (J_h), dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus:

$$J_h = J_{ht} + J_{hr}$$

$$J_h = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{(\frac{V_R}{3,6})^2}{2 g f} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

- V_R = kecepatan rencana (km/jam)
 T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik
 g = percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det²
 f = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, AASHTO menetapkan $f = 0,28 - 0,45$ (f semakin kecil jika V_R semakin tinggi, dan sebaliknya). Bina marga menetapkan $f = 0,35 - 0,55$.

Persamaan (2.2) dapat disederhanakan menjadi :

- a) Untuk jalan datar :

$$J_h = 0,278 V_R \cdot T + \frac{V_R^2}{254 f} \dots\dots\dots (2.3)$$

- b) Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$J_h = 0,278 V_R \cdot T + \frac{V_R^2}{254 (f \pm L)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana : L = landai jalan (%) atau perseratusan.

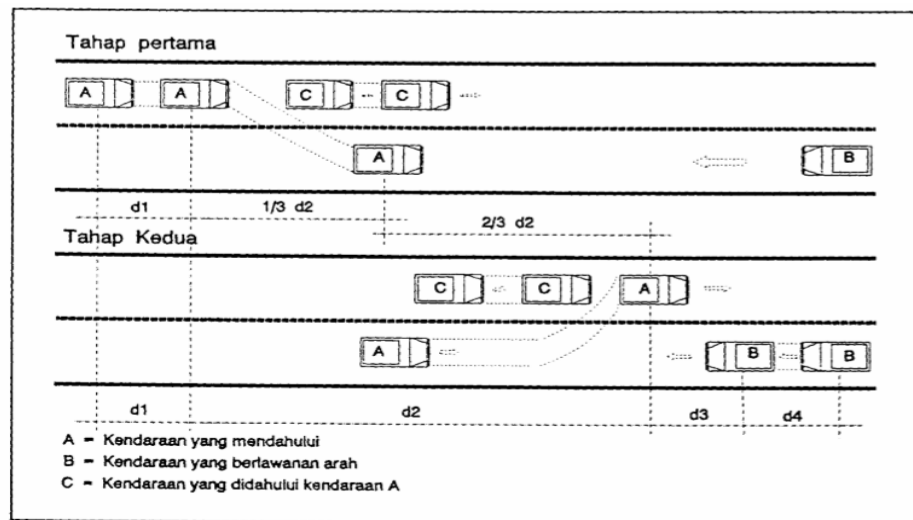
Tabel 2.6 Jarak Pandang Henti (J_h), Minimum.

V_R (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J_h , minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

(Sumber: TPGJAK, 1997)

b. Jarak pandangan mendahului (J_d)

Jarak pandangan mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali kelajur semula.



Gambar 2.10 Jarak Pandang Mendahului

Jarak pandang mendahului (J_d), dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut:

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

d_1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

d_2 = Jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali kejalur semula (m).

d_3 = Jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m).

d_4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan $2/3 d_2$ (m).

Rumus yang dipergunakan, adalah :

$$d_1 = 0,278 T_1 \left(V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right) \dots\dots\dots (2.6a)$$

$$d_2 = 0,278 V_R T_2 \dots\dots\dots (2.6b)$$

d_3 = antara 30 -100 meter.

$d_4 = 2/3 d_2$.

Dimana :

T_1 = waktu dalam detik $\infty 2,12 + 0,026 V_R$

T_2 = waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik), $\infty 6,56 + 0,048 V_R$

a = percepatan rata-rata KM/jam/detik $\infty 2,052 + 0,0036 V_R$.

m = perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului (biasanya diambil 10-15 Km/jam).

V_R = kecepatan kendaraan rata-rata dalam keadaan mendahului ∞ kecepatan rencana (Km/jam)

d_1 = Jarak kebebasan.

d_4 = Jarak yang ditempuh kendaraan yang datang dari arah berlawanan.

Tabel 2.7 Besaran d_3 (m)

V_R (Km/jam)	50-65	65-80	80-95	95-110
J_d (m)	30	55	75	90

(Sumber: TPGJAK, 1997)

Tabel 2.8 Panjang Jarak Pandangan Mendahului.

V_R (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J_d (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

(Sumber: TPGJAK, 1997)

Daerah untuk mendahului, harus disebar di sepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut. Asumsi yang diambil pada saat menentukan jarak pandangan mendahului :

- Kendaraan yang didahului kecepatannya tetap
- Kecepatan kendaraan yang mendahului lebih besar daripada kecepatan kendaraan yang di dahului.

- Perlu pengambilan keputusan mendahului bila ruang mendahului telah tercapai.
- Apabila start terlambat pada saat menyiap, harus kembali ke jalur, dan kecepatan rata-rata saat mendahului ∞ 15 Km/jam lebih besar daripada kendaraan yang didahului. Pada saat kembali ke jalur semula perlu jarak dengan kendaraan yang arahnya berlawanan (Saodang, 2010).

2.2.2 Alinyemen horizontal

Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan). Perencanaan geometri pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan rencana (V_r). Untuk keselamatan pemakai jalan, jarak pandang dan daerah bebas samping jalan harus diperhitungkan (TPGJAK, 1997).

Langkah-langkah dalam perencanaan alinyemen horizontal adalah sebagai berikut:

1. Panjang bagian lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai V_R). Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997 penetapan panjang bagian lurus dapat ditetapkan pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

(Sumber: TPGJAK, 1997)

2. Tikungan

Bila kendaraan melintasi suatu tikungan, dengan kecepatan tertentu, kendaraan akan menerima gaya sentrifugal, yang akan mengurangi kenyamanan pengemudi (Saodang, 2010).

Untuk memberikan kenyamanan dan keamanan pengemudi, maka dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal berikut ini:

a. Superelevasi

Superelevasi (TPGJAK, 1997) adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan V_R . Nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%.

b. Jari-jari tikungan

Jari-jari tikungan maksimum (R_{\min}) ditetapkan sebagai berikut:

$$R_{\min} = \frac{V_R^2}{127(e_{\max} \cdot f)} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

R_{\min} = Jari-jari tikungan minimum (m)

V_R = Kecepatan rencana (Km/jam)

e_{\max} = Superelevasi maksimum (%)

f = Koefisien gesek, untuk perkerasan aspal $f = 0,14 - 0,24$.

Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997 untuk menetapkan R_{\min} yaitu pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Panjang Jari-Jari Minimum

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{\min} (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

(Sumber: TPGJAK, 1997)

c. Lengkung peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R , hal ini berfungsi mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R sehingga

gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat berjalan di tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan (TPGJAK, 1997).

Lengkung peralihan ditentukan dari 3 rumus di bawah ini dan diambil nilai yang terbesar:

- 1) Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

T = Waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

- 2) Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R.C} - 2,727 \cdot \frac{V_R \cdot e}{C} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

R = Jari-jari busur lingkaran (m)

C = Perubahan kecepatan, 0,3-1,0 m/dt³ (disarankan 0,4 m/dt³)

e = Superelevasi

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

- 3) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(e_m - e_n) \cdot V_R}{3,6 \cdot r_e} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

e_m = Superelevasi maksimum

e_n = Superelevasi normal

r_e = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan
(m/m/detik)

Lengkung dengan R lebih besar atau sama dengan yang ditunjukkan pada Tabel 2.11, tidak memerlukan lengkung peralihan.

Tabel 2.11 Jari-Jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkungan Peralihan

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	25000	1500	900	500	350	250	130	60

(Sumber: TPGJAK, 1997)

Selain menggunakan rumus-rumus, untuk tujuan praktir L_s dapat ditetapkan dengan menggunakan Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Panjang Lengkung Peralihan (L_s) dan Panjang Superelevasi (L_e) untuk Jalan 1Jalur-2Lajur-2Arah

V_R (km/jam)	Superelevasi, e (%)									
	2		4		6		8		10	
	L_s	L_e	L_s	L_e	L_s	L_e	L_s	L_e	L_s	L_e
20										
30										
40	10	20	15	25	15	25	25	30	35	40
50	15	25	20	30	20	30	30	40	40	50
60	15	30	20	35	25	40	35	50	50	60
70	20	35	25	40	30	45	40	55	60	70
80	30	55	40	60	45	70	65	90	90	120
90	30	60	40	70	50	80	70	100	10	130
100	35	65	45	80	55	90	80	110	0	145
110	40	75	50	85	60	100	90	120	11	-
120	40	80	55	90	70	110	95	135	0	-

(Sumber: TPGJAK, 1997)

d. Jenis lengkung

1) *Full Circle* (FC)

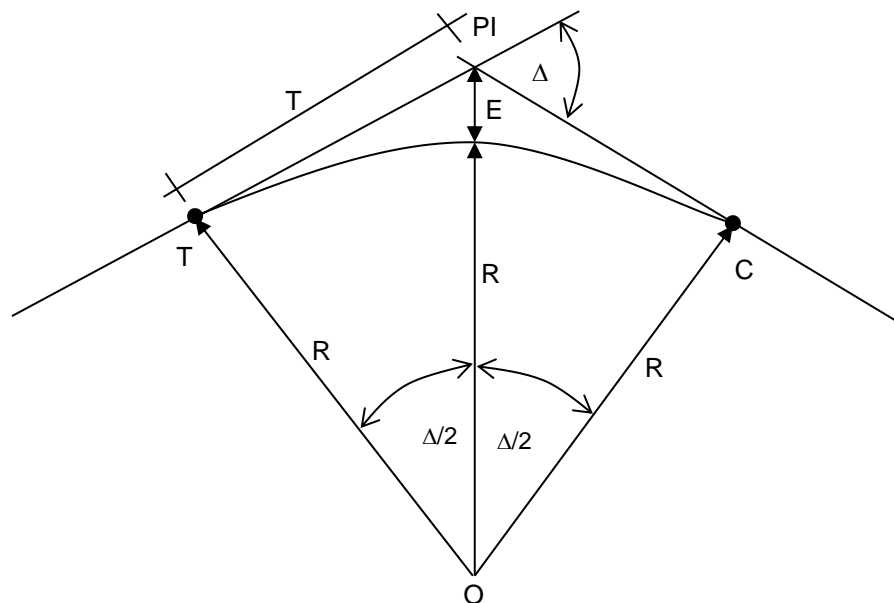
Tikungan ini hanya terdiri dari bagian lingkaran tanpa adanya bagian peralihan, lengkung ini digunakan pada tikungan yang memiliki jari-

jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil, jenis tikungan ini merupakan yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengendara dan keadaannya, namun bila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas. Adapun rumus yang digunakan untuk merencanakan tikungan FC adalah sebagai berikut:

$$T = R \cdot \tan \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots (2.11a)$$

$$E = T \cdot \tan \frac{\Delta}{2} = \sqrt{R^2 + T^2} - R = R(\sec \frac{\Delta}{2} - 1) \dots\dots\dots (2.11b)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{180} \pi \cdot R = 0,01745 \cdot \Delta \cdot R \dots\dots\dots (2.11c)$$



Gambar 2.11 Bentuk Tikungan *Full Circle*

Dimana:

Δ = Sudut tikungan, ($^{\circ}$)

E = Jarak PI ke puncak busur lingkaran, (m)

O = Titik pusat lingkaran

L = Panjang lengkung (CC-TC), (m)

R = Jari-jari potongan antara dua garis tangen

T = Jarak TC-PI atau PI-TC

2) *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

Lengkung ini terdiri dari atas bagian lingkaran (*Circle*) dan bagian lurus. Lengkung *Spiral* merupakan peralihan bagian lurus ke bagian *circle* yang berfungsi mengurangi gaya sentrifugal. Rumus yang digunakan dalam merencanakan tikungan SCS adalah sebagai berikut:

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40.R^2}\right) \dots\dots\dots (2.12a)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6.R} \dots\dots\dots (2.12b)$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \cdot \frac{L_s}{R} \dots\dots\dots (2.12c)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2.\theta_s \dots\dots\dots (2.12d)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6.R} - R.(1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.12e)$$

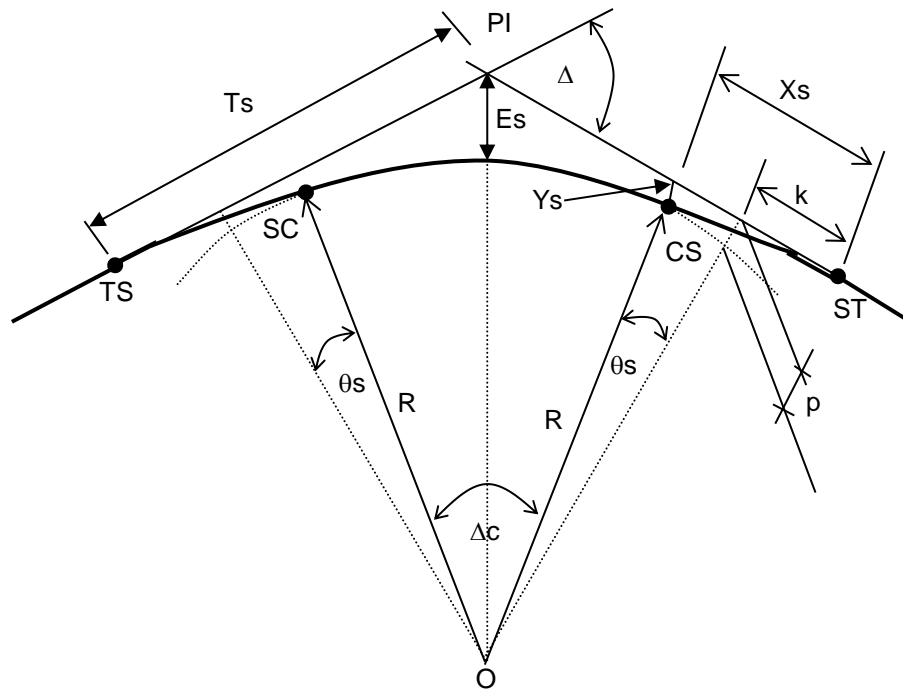
$$k = L_s - \frac{L_s^2}{40.R} - R.\sin \theta_s \dots\dots\dots (2.12f)$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{180} \pi.R \dots\dots\dots (2.12g)$$

$$T_s = (R + p). \tan \frac{\Delta}{2} - R \dots\dots\dots (2.12h)$$

$$E_s = (R + p). \sec \frac{\Delta}{2} - R \dots\dots\dots (2.12i)$$

$$L = L_c + 2.L_s \dots\dots\dots (2.12j)$$



Gambar 2.12 Bentuk Tikungan *Spiral Circle Spiral*

Dimana:

X_s = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS-SC, (m)

Y_s = Ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, (m)

L_s = Panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau SC-ST), (m)

L_c = Panjang busur lingkaran (jarak SC-CS), (m)

T_s = Jarak tangen dari PI ke TS atau ST, (m)

E_s = Jarak PI ke puncak busur lingkaran, (m)

Δ = Sudut tikungan, ($^\circ$)

Δ_c = Sudut lengkung circle, ($^\circ$)

θ_s = Sudut lengkung Spiral, ($^\circ$)

R = Jari-jari tikungan, (m)

P = Pergeseran tangen terhadap spiral, (m)

k = Absis p pada garis tangen spiral, (m)

L = Panjang tikungan SCS, (m)

Untuk nilai k^* dan p^* dapat dilihat pada Tabel 2.13 Untuk $L_s=1$

Dimana:

L_s = Panjang lengkung peralihan, (m)

T_s = Jarak tangen dari PI ke TS atau ST, (m)

E_s = Jarak PI ke puncak busur lingkaran, (m)

Δ = Sudut tikungan, ($^\circ$)

θ_s = Sudut lengkung Spiral, ($^\circ$)

R = Jari-jari tikungan, (m)

P = Pergeseran tangen terhadap spiral, (m)

k = Absis p pada garis tangen spiral, (m)

L = Panjang tikungan SS, (m)

Tabel 2.13 Nilai p^* dan k^*

θ_s	p^I	k^I	θ_s	p^I	k^I
0.5	0.0007272	0.4999987	20.5	0.0307662	0.4977983
1.0	0.0014546	0.4999949	21.0	0.0315644	0.4976861
1.5	0.0021820	0.4999886	21.5	0.0323661	0.4975708
2.0	0.0029098	0.4999797	22.0	0.0331713	0.4974525
2.5	0.0036378	0.4999683	22.5	0.0339801	0.4973311
3.0	0.0043663	0.4999543	23.0	0.0347926	0.4972065
3.5	0.0050953	0.4999377	23.5	0.0356088	0.4970788
4.0	0.0058249	0.4999187	24.0	0.0364288	0.4969479
4.5	0.0065551	0.4998970	24.5	0.0372528	0.4968139
5.0	0.0072860	0.4998728	25.0	0.0380807	0.4966766
5.5	0.0080178	0.4998461	25.5	0.0389128	0.4965360
6.0	0.0087506	0.4998167	26.0	0.0397489	0.4963922
6.5	0.0094843	0.4997848	26.5	0.0405893	0.4962450
7.0	0.0102191	0.4997503	27.0	0.0414340	0.4960945
7.5	0.0109550	0.4997132	27.5	0.0422830	0.4959406
8.0	0.0116922	0.4996735	28.0	0.043136	0.4957834

Lanjutan 1...

8.5	0.0124307	0.4996312	28.5	0.0439946	0.4956227
9.0	0.0131706	0.4995862	29.0	0.0448572	0.4954585
9.5	0.0139121	0.4995387	29.5	0.0457245	0.4952908
10.0	0.0146551	0.4994848	30.0	0.0465966	0.4951196
10.5	0.0153997	0.4994356	30.5	0.0474735	0.4949448
11.0	0.0161461	0.4993800	31.0	0.0483554	0.4947665
11.5	0.0168943	0.4993218	31.5	0.0492422	0.4945845
12.0	0.0176444	0.4992609	32.0	0.0501340	0.4943988
12.5	0.0183965	0.4991973	32.5	0.0510310	0.4942094
13.0	0.0191507	0.4991310	33.0	0.0519333	0.4940163
13.5	0.0199070	0.4990619	33.5	0.0528408	0.4938194
14.0	0.0206655	0.4989901	34.0	0.0537536	0.4936187
14.5	0.0214263	0.4989155	34.5	0.0546719	0.4934141
15.0	0.0221896	0.4988381	35.0	0.0555657	0.4932057
15.5	0.0229553	0.4987580	35.5	0.0565250	0.4929933
16.0	0.0237236	0.4986750	36.0	0.0574601	0.4927769
16.5	0.0244945	0.4985892	36.5	0.0584008	0.4925566
17.0	0.0252681	0.4985005	37.0	0.0593473	0.4923322
17.5	0.0260445	0.4984090	37.5	0.0602997	0.4921037
18.0	0.0268238	0.4983186	38.0	0.0612581	0.4918711
18.5	0.0276060	0.4982172	38.5	0.0622224	0.4916343
19.0	0.0283913	0.4981170	39.0	0.0631929	0.4913933
19.5	0.0291797	0.4980137	39.5	0.0641694	0.4911480
20.0	0.0299713	0.4979075	40.0	0.0651522	0.4908985

(Sumber: Hendarsin, 2000)

e. Pelebaran jalur lalu lintas di tikungan

Menurut TPGJAK (1997), pelebaran pada tikungan dimaksudkan untuk mempertahankan konsistensi geometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas di tikungan sama dengan di bagian lurus. Pelebaran jalan di tikungan mempertimbangkan:

- 1) Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajunya.
- 2) Penambahan lebar (ruang) lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar. Dalam segala hal pelebaran di tikungan harus memenuhi gerak perputaran kendaraan rencana sedemikian sehingga proyeksi kendaraan tetap pada lajunya.
- 3) Pelebaran di tikungan ditentukan oleh radius balok kendaraan rencana.
- 4) Pelebaran yang lebih kecil dari 0,6 meter dapat diabaikan.

Rumus yang digunakan untuk menghitung pelebaran pada tikungan adalah sebagai berikut:

$$B = \sqrt{\{Rc^2 - 64 + 1,25\}^2 + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64 + 1,25} \dots (2.14a)$$

$$Rc = R - \frac{1}{4} Bn + \frac{1}{2} b \dots (2.14b)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots (2.14c)$$

$$Bt = n (B + C) + Z \dots (2.14d)$$

$$\Delta b = Bt - Bn \dots (2.14e)$$

Dimana:

B = Lebar kendaraan, (m)

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan yang besarnya dipengaruhi oleh sudut α , (m)

R = Radius lajur sebelah dalam/jari-jari tikungan, (m)

V = Kecepatan, (km/jam)

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan, (m)

Bt = Lebar total perkerasan di tikungan, (m)

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus, (m)

n = Jumlah lajur

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam, (m)

C = Kebebasan samping, (m)

0,5 untuk lebar lajur 6 m, 1,0 untuk lebar lajur 7m, dan
1,25 untuk lebar lajur 7,5 m

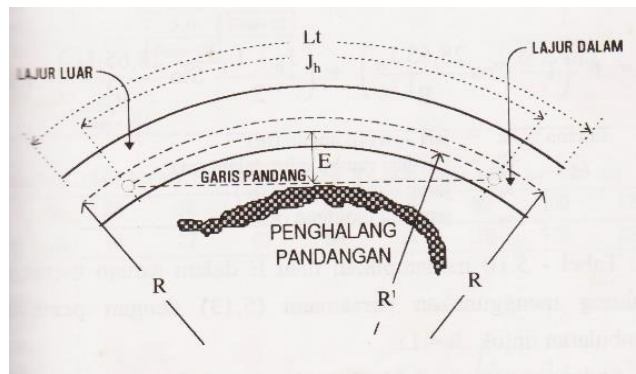
Δb = Tambahan leher perkerasan di tikungan, (m)

f. Daerah bebas samping di tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga jarak pandang henti dipenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai objek penghalang pandangan sehingga persyaratan jarak pandang henti dipenuhi. Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut:

1) Jika $J_h < L_t$

$$E = R \left\{ 1 - \cos \left(\frac{90^\circ \cdot J_h}{\pi \cdot R} \right) \right\} \dots \dots \dots (2.15a)$$



Gambar 2.14 Daerah Bebas Samping di Tikungan untuk $J_h < L_t$

Dimana:

E = Jarak bebas samping, (m)

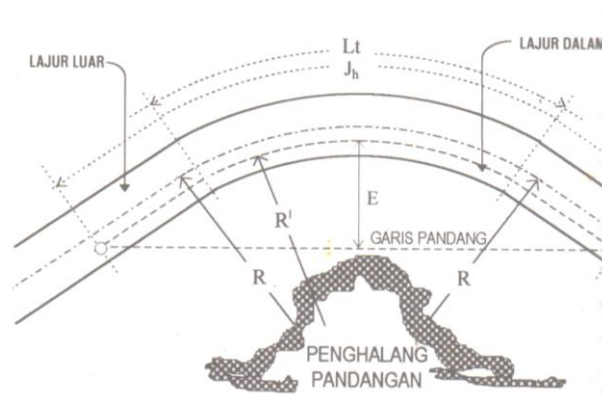
R = Jari-jari tikungan, (m)

J_h = Jarak pandang henti, (m)

L_t = Panjang tikungan, (m)

2) Jika $J_h > L_t$

$$E = R \left\{ 1 - \cos \left(\frac{90^\circ \cdot J_h}{\pi \cdot R} \right) \right\} + \frac{1}{2} (J_h - L_t) \sin \left(\frac{90^\circ \cdot J_h}{\pi \cdot R} \right) \dots \dots \dots (2.15b)$$



Gambar 2.15 Daerah Bebas Samping di Tikungan, untuk $J_h > L_t$

Dimana:

E = Jarak bebas samping

R = Jari-jari tikungan, (m)

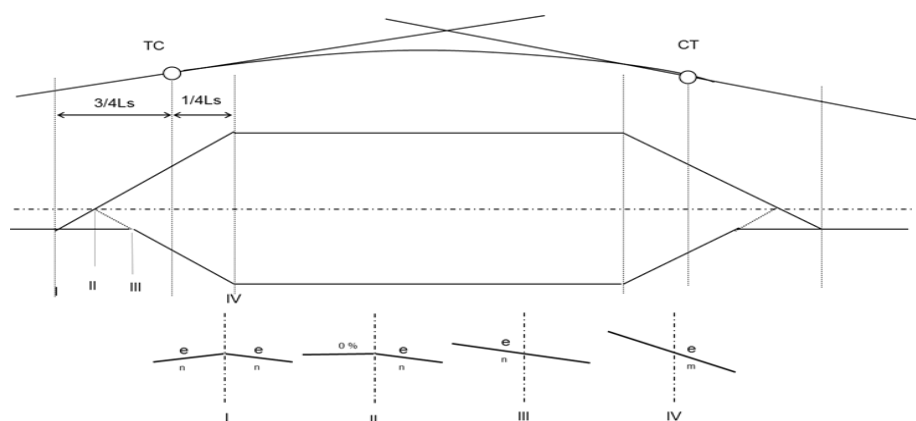
J_h = Jarak pandang henti, (m)

L_t = Panjang tikungan

g. Pencapaian superelevasi

Superelevasi (Hendarsin, 2000) dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung. Adapun pencapaian superelevasi dilakukan sebagai berikut:

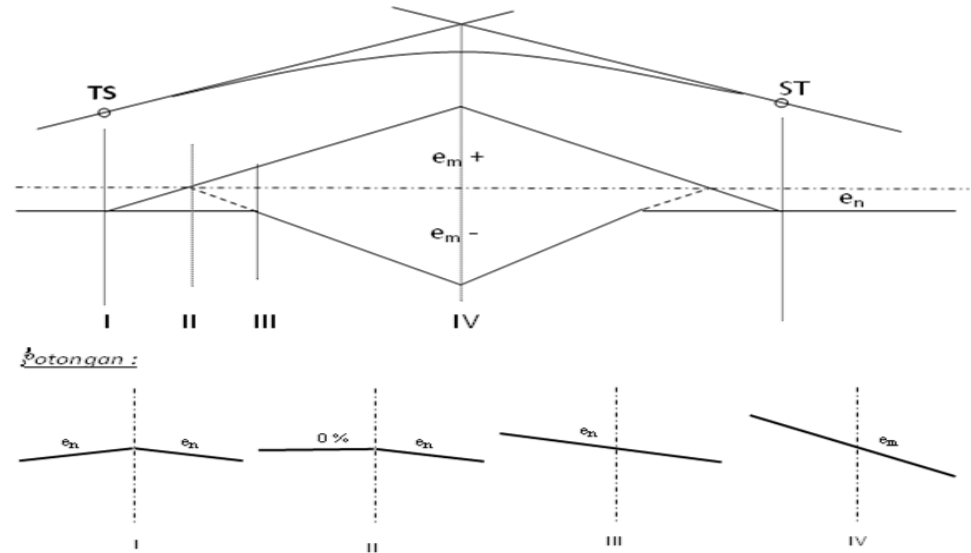
- 1) Pada tikungan FC, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier.



Gambar 2.16 Metode Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe FC

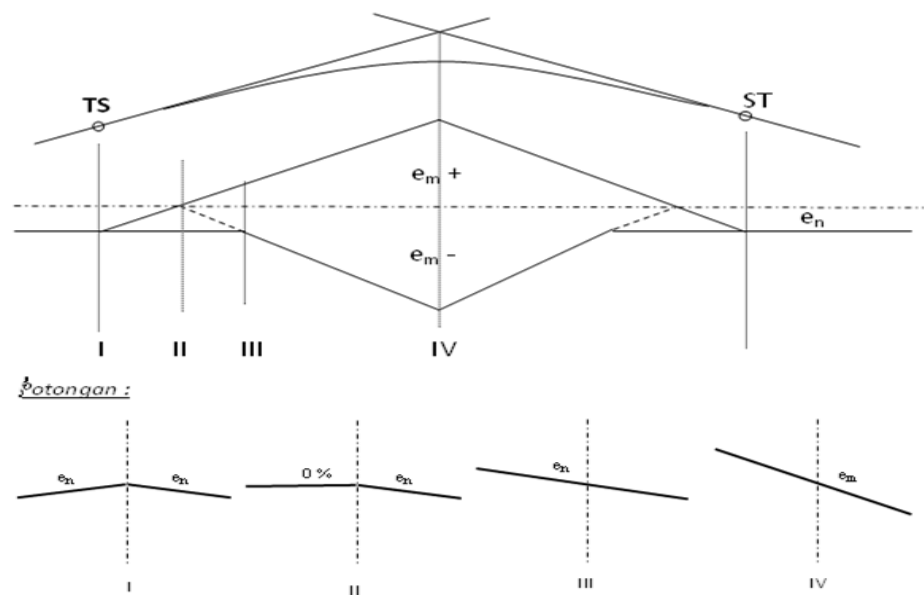
- 2) Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan (TS) pada

bagian lurus, lalu dilanjutkan sampai superlevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).



Gambar 2.17 Metode Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe SCS

- 3) Pada tikungan S-S, Pencapaian superlevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral



Gambar 2.18 Metode Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe SS

2.2.3 Alinyemen vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan, yang umumnya biasa disebut dengan profil/penampang memanjang jalan.

Perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain kondisi tanah dasar, keadaan medan, fungsi jalan, muka air banjir, muka air tanah, dan kelayakan yang masih memungkinkan.

Selain hal tersebut di atas, dalam perencanaan alinyemen vertikal, akan ditemui kelayakan positif (tanjakan) dan kelayakan negatif (turunan), sehingga terdapat suatu kombinasi yang berupa lengkung cembung dan lengkung cekung serta akan ditemui pula kelayakan = 0, yang berarti datar.

Gambar rencana suatu profil memanjang jalan dibaca dari kiri ke kanan sehingga landai jalan diberi tanda positif untuk pendakian dari kiri ke kanan, dan landai negatif untuk penurunan dari kiri ke kanan (Saodang, 2010).

1. Landai maksimum

Kelayakan maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelayakan maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kelayakan maksimum untuk berbagai V_R ditetapkan dapat dilihat dalam Tabel 2. 14.

Tabel 2.14 Kelayakan Maksimum yang Diizinkan

V_R (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Kelayakan maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

(Sumber: TPGJAK, 1997)

2. Lengkung vertikal

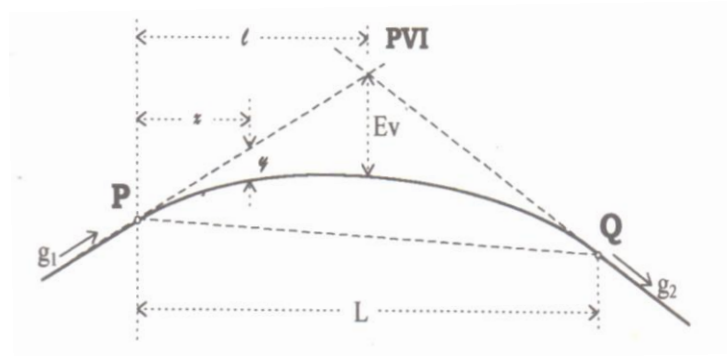
Lengkung vertikal direncanakan untuk merubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelayakan arah memanjang jalan perubahan dari dua macam kelayakan arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini

dimaksudkan untuk mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup, untuk keamanan dan kenyamanan.

Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis yaitu:

- Lengkung cembung
- Lengkung cekung

Tipikal lengkung vertikal seperti pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19 Tipikal Lengkung Vertikal Bentuk Parabola

Rumus yang digunakan:

$$x = \frac{L \cdot g_1}{g_1 - g_2} = \frac{L \cdot g_1}{A} \dots\dots\dots(2.16a)$$

$$y = \frac{L \cdot g_1^2}{2(g_1 - g_2)} = \frac{L \cdot g_1^2}{2A} \dots\dots\dots(2.16b)$$

Dimana:

x = Jarak dari titik P ke titik yang ditinjau pada Sta, (Sta)

y = Perbedaan elevasi antara titik P dan titik yang ditinjau pada Sta, (m)

L = Panjang lengkung vertikal parabola, yang merupakan jarak proyeksi dari titik A dan Titik Q, (Sta)

g_1 = kelandaian tangen dari titik P, (%)

g_2 = kelandaian tangen dari titik Q, (%)

$(g_1 \pm g_2) = A$ = perbedaan aljabar untuk kelandaian, (%) kelandaian menaik (pendakian), diberi tanda (+), sedangkan kelandaian menurun

(penurunan), diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri.

$$E_v = \frac{A.L}{800} \dots\dots\dots (2.16c)$$

$$\text{untuk: } x = \frac{1}{2}L$$

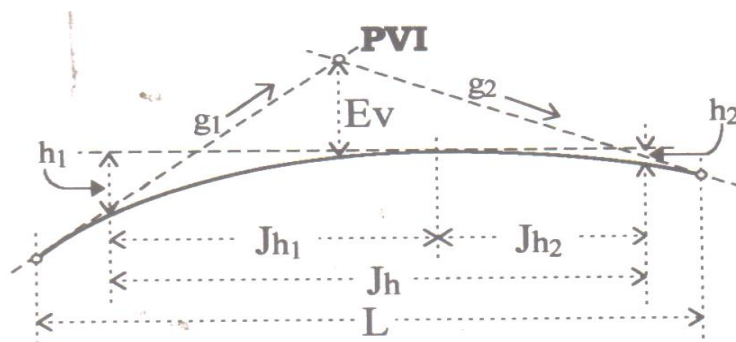
$$y = E_v$$

a. Lengkung vertikal cembung

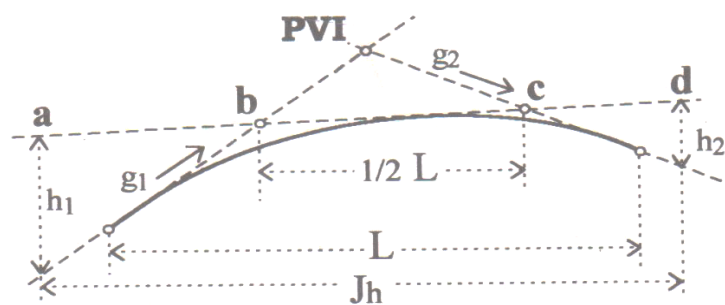
Panjang L , berdasarkan J_h

$$J_h < L, \text{ maka: } L = \frac{A.J_h^2}{399} \dots\dots\dots (2.17a)$$

$$J_h > L, \text{ maka: } L = 2J_h - \frac{399}{A} \dots\dots\dots (2.17b)$$

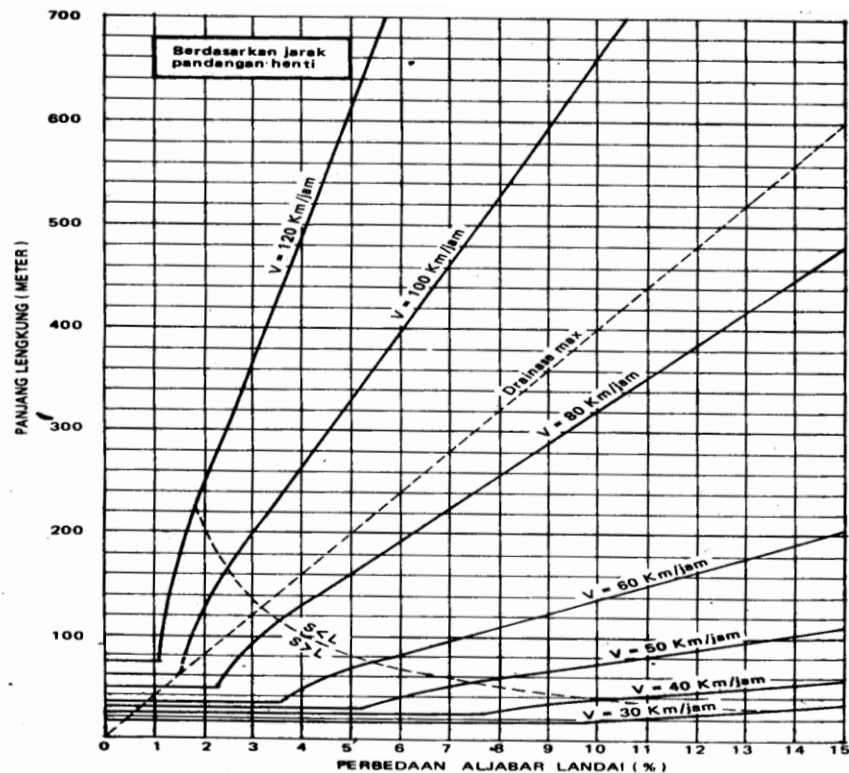


Gambar 2.20 $J_h < L$



Gambar 2.21 $J_h > L$

Untuk Kontrol pada Perencanaan
 $f_p = 0.35-0.55$, $h_1 = 1.05$ m, $h_2 = 0.15$ m, $T = 2.5$ det

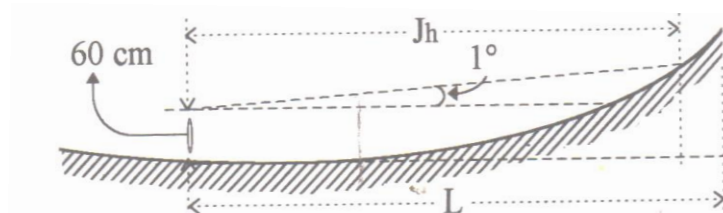


Gambar 2.22 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_h)

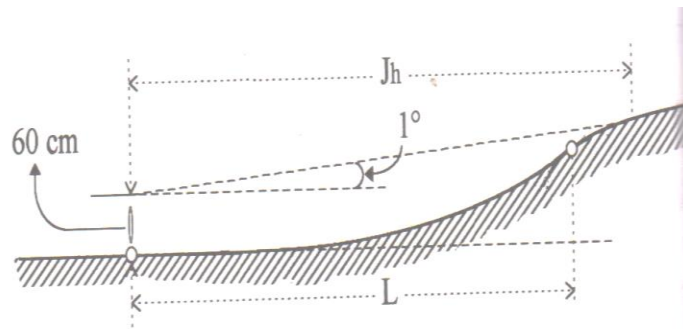
b. Lengkung vertikal cekung

Tidak ada dasar yang dapat digunakan untuk menentukan panjang lengkung cekung vertikal (L), akan tetapi ada empat kriteria sebagai pertimbangan yang dapat digunakan, yaitu:

- Jarak sinar lampu besar dari kendaraan
- Kenyamanan pengemudi
- Ketentuan drainase
- Penampilan secara umum



Gambar 2.23 Untuk $J_h < L$

Gambar 2.24 Untuk $J_h < L$

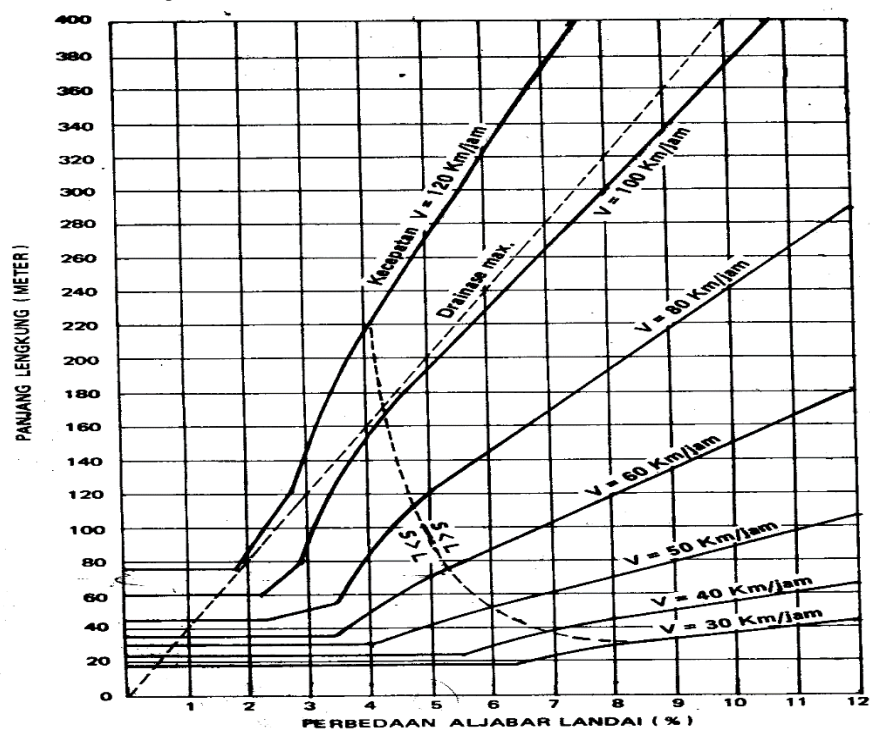
Dengan bantuan gambar 2.23 dan 2.24 diatas, yaitu tinggi lampu besar kendaraan = 0,60 m (2') dan sudut bias = 1° , maka diperoleh hubungan praktis, sebagai berikut:

$$J_h < L, \text{ maka: } L = \frac{A \cdot J_h^2}{120 + 3,5 J_h} \quad \text{..... (2.18a)}$$

$$J_h > L, \text{ maka: } L = 2J_h - \frac{120 + 3,5 J_h}{A} \quad \text{..... (2.18b)}$$

Untuk kontrol pada perencanaan

$$f_p = 0,35-0,55, h_1 = 1.05\text{m}, h_2 = 0.15\text{m}, T = 2.5 \text{ det}$$

Gambar 2.25 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung Berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_h)

2.3 Perkerasan

Tanah asli di alam jarang sekali dalam kondisi mampu mendukung beban berulang dari lalu-lintas kendaraan tanpa mengalami deformasi yang besar. Karena itu, diperlukan suatu struktur yang dapat melindungi tanah dari beban roda kendaraan. Struktur ini disebut perkerasan (*pavement*). Fungsi utama dari perkerasan adalah menyebarkan beban roda ke area permukaan tanah dasar yang lebih luas di bandingkan luas kontak roda dan perkerasan, sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar, yaitu pada tekanan dimana tanah dasar tidak mengalami deformasi berlebihan selama masa pelayanan perkerasan. Secara umum fungsi perkerasan, adalah :

1. Untuk memberikan struktur yang kuat dalam mendukung beban lalu-lintas.
2. Untuk memberikan permukaan rata bagi pengendara.
3. Untuk memberikan kekesatan atau tahanan gelincir (*skid resistance*) di permukaan perkerasan
4. Untuk mendistribusikan beban kendaraan ke tanah dasar secara memadai, sehingga tanah dasar terlindungi dari tekanan yang berlebihan.
5. Untuk melindungi tanah dasar dari pengaruh buruk perubahan cuaca.

Sistem perkerasan harus dirancang tahan lama, sehingga tidak mengalami kerusakan prematur akibat pengaruh lingkungan (air, oksidasi, dan pengaruh temperatur) (Hardiyatmo, 2011).

2.3.1 Jenis-jenis konstruksi perkerasan

Konstruksi perkerasan jalan pada prinsipnya dibedakan menjadi tiga jenis yaitu:

- a. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)
Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang atau bahan-bahan yang bersifat kaku.
- b. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)
Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku/lentur.
- c. Perkerasan komposit (*composite pavement*)

Yaitu perkerasan dengan memakai dua bahan, dengan maksud menggabungkan dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

2.3.2 Perkerasan lentur

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) merupakan campuran agregat batu pecah, pasir, material pengisi, dan aspal, yang dihamparkan dan dipadatkan. Perkerasan lentur dirancang untuk melendut dan kembali keposisi semula bersama-sama dengan tanah dasar. Konsep dasar dalam perancangan, yaitu dengan menghamparkan lapisan-lapisan permukaan dan lapis pondasi beserta lapisan-lapisan diantaranya, sedemikian hingga regangan pada tanah dasar dapat dikendalikan guna mencegah terjadinya defleksi permanen. Tipe dan tebal komponen-komponen struktur, harus dipilih berdasarkan pertimbangan kekuatan tanah dasar tersebut.

Kapasitas dukung perkerasan lentur murni, bergantung pada karakteristik distribusi beban dari system lapisan pembentuknya. Perkerasan lentur terdiri dari beberapa material yang berkualitas tinggi diletakkan di dekat permukaan. Jadi, kekuatan perkerasan lentur adalah lebih dihasilkan dari kerjasama lapisan yang tebal dalam menyebarkan beban ke tanah-dasar, daripada dihasilkan oleh aksi perlawanan pelat terhadap beban (Hardiyatmo, 2011).

2.3.3 Komponen-komponen perkerasan lentur

Perkerasan lentur akan mempunyai kinerja yang baik, bila perancangan dilakukan dengan baik dan seluruh komponen-komponen utama dalam sistem perkerasan berfungsi dengan baik. Peranan komponen-komponen perkerasan lentur adalah

1. Lapis permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan (*surface course*) adalah lapisan paling atas dari perkerasan lentur yang terletak di atas lapis pondasi. Lapis permukaan yang berfungsi untuk memberikan keamanan dan permukaan yang halus/rata, harus memenuhi syarat:

- a. Mempunyai kekesatan atau tahanan dalam pergelinciran.

- b. Mampu menahan beban kendaraan dan deformasi permanen.
- c. Dapat mencegah masuknya air ke dalam struktur perkerasan.

Untuk hal-hal tersebut, maka campuran yang digunakan dalam lapis permukaan jalan harus memiliki sifat: stabilitas, kelenturan, awet, tahan terhadap pergelinciran, kedap air, mudah dikerjakan dan tahan terhadap kelelahan (*fatigue*). Karakteristik permukaan akan lebih ditentukan terutama oleh jumlah kendaraan dan kondisi iklim daripada oleh beban maksimum yang diharapkan bekerja di permukaan perkerasan.

2. Lapis pondasi (*base course*)

Lapis pondasi (*base course*) merupakan lapisan yang dihamparkan dibawah lapis permukaan. Lapis pondasi terletak di atas lapis pondasi bawah, atau jika lapis pondasi bawah tidak digunakan, diatas tanah dasar. Material lapis pondasi terdiri dari agregat, seperti batu pecah, sirtu, terak pecah (*crushed slag*) atau campuran-campuran material tersebut.

Lapis pondasi (*base course*), yang merupakan elemen struktural utama perkerasan yang berfungsi:

- a. Menyebarkan tekanan akibat beban-beban lalu lintas agar tanah dasar (*subgrade*) tidak mengalami tekanan secara berlebihan.
- b. Sebagai dasar perletakan lapis permukaan.

Lapis pondasi harus mempunyai tahanan yang lebih tinggi terhadap deformasi dibandingkan dengan tanah dasar. Selain itu, lapis pondasi juga harus tahan terhadap pelapukan, karena lapis pondasi ini kurang terlindung dibandingkan dengan tanah dasar.

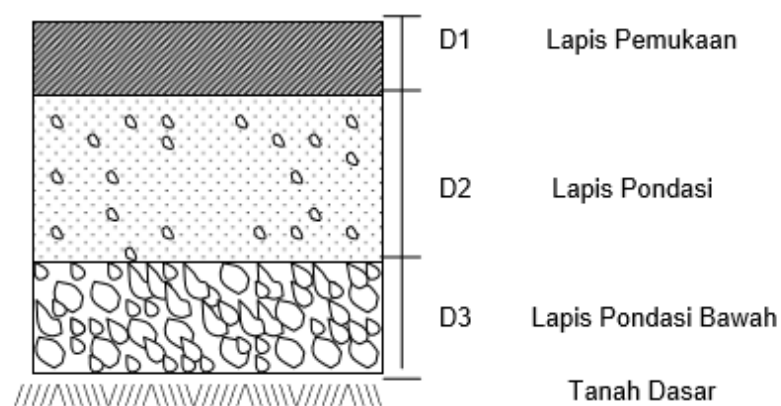
3. Lapis pondasi bawah (*Subbase course*)

Maksud penggunaan lapis pondasi bawah adalah untuk membentuk lapisan perkerasan yang cukup tebal (untuk maksud penyaluran beban), tapi dengan biaya yang lebih murah. Material lapis pondasi bawah (*subbase course*) adalah material yang kualitasnya lebih rendah (kekuatan, plastisitas, dan gradasi), tetapi masih lebih tinggi kualitasnya dengan tanah dasar. Dengan demikian, kualitas lapis pondasi bawah dapat sangat bervariasi, sejauh persyaratan tebal rancangan terpenuhi.

Lapis pondasi bawah selalu digunakan bila tanah-dasar sangat buruk kualitasnya dan/atau material lapis pondasi tidak tersedia di lokasi proyek. Jika tanah dasar memenuhi syarat digunakan sebagai lapis pondasi bawah, maka tidak perlu dipasang lapis pondasi bawah.

Lapis pondasi bawah dapat terdiri dari material kerikil alam yang stabil dan awet. Hanya material ini mungkin tidak sepenuhnya memenuhi syarat katakteristik lapis pondasi. Lapis pondasi bawah juga dapat berupa material granuler yang dipadatkan atau tanah yang distabilisasi. Syarat kepadatan dan kadar air ditentukan dari hasil-hasil uji labolatorium atau lapangan. Fungsi dari lapis pondasi bawah adalah:

- a. Sebagai bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan.
- b. Untuk lapisan drainase (bila didalam komponen perkerasan terdapat air, misalnya air hujan yang masuk melalui retakan).
- c. Untuk efisiensi penggunaan material, agar lapisan-lapisan yang lain dapat dikurangi tebalnya, sehingga menghemat biaya.
- d. Untuk mencegah material tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi
- e. Sebagai lapisan pertama, agar pelaksanaan pembangunan jalan berjalan lancar.



Gambar 2.26 Komponen Perkerasan Lentur
(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Pt T-01-2002 B)

2.3.4 Kriteria perencanaan perkerasan lentur

Dalam proses perencanaan tebal perkerasan lentur terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan dan ikut mempengaruhi hasil perencanaan yaitu:

1. Beban lalu lintas

Beban lalu lintas adalah beban kendaraan yang dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui kontak antara ban dan muka jalan. Beban lalu lintas merupakan beban dinamis yang terjadi secara berulang selama masa pelayanan jalan. Besarnya beban lalu lintas dipengaruhi oleh berbagai faktor kendaraan seperti, konfigurasi sumbu dan roda kendaraan, beban sumbu dan roda kendaraan, kanan ban, volume lalu lintas, repetisi sumbu, distribusi arus lalu lintas pada perkerasan jalan, kecepatan kendaraan.

Pemahaman komprehensif tentang beban kendaraan yang merupakan beban dinamis pada perkerasan jalan, sangat mempengaruhi hasil perencanaan tebal perkerasan jalan dan kekokohan struktur perkerasan selama masa pelayanan.

2. Sifat tanah dasar

Tanah dasar dapat terdiri dari tanah asli, tanah galian, atau tanah urug yang disiapkan dengan cara dipadatkan. Diatas lapisan tanah dasar diletakan lapisan struktur perkerasan lainnya, oleh karena itu mutu daya dukung tanah dasar ikut mempengaruhi mutu jalan secara keseluruhan.

Berbagai parameter digunakan sebagai penunjuk mutu daya dukung tanah dasar seperti *California Bearing Ratio* (CBR), modulus resilient (M_R), penetrometer konus dinamis (*Dynamic Cone Penetrometer*), atau modulus reaksi tanah dasar (k). Pemilihan parameter mana yang akan digunakan, ditentukan oleh kondisi tanah dasar yang direncanakan dan metode perencanaan tebal perkerasan yang akan dipilih.

Jalan dalam arah memanjang dapat melintasi berbagai jenis tanah dan kondisi medan yang berbeda. Mutu daya dukung tanah dasar dapat bervariasi dari jelek sampai dengan baik ataupun sebaliknya. Dengan demikian tidak ekonomis jika perencanaan tebal lapis perkerasan jalan berdasarkan nilai yang terjelek dan tidak pula memenuhi syarat jika berdasarkan hanya nilai terbesar saja. Oleh karena itu sebaiknya panjang jalan dibagi atas beberapa

segmen jalan. Setiap segmen jalan mempunyai suatu nilai CBR yang mewakili mutu daya dukung tanah dasar untuk digunakan pada perencanaan tebal lapisan perkerasan segmen jalan tersebut.

Nilai CBR_{segmen} dapat ditentukan dengan menggunakan metode *Japan Road Ass* menggunakan rumus berikut:

$$CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}})/R \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana nilai R tergantung dari jumlah data CBR titik pengamatan dalam satu segmen.

Tabel 2.15 Nilai R untuk Menghitung CBR_{segmen}

Jumlah titik pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
10	3,18

(Sumber: *Japan Road Ass*, 1980)

3. Fungsi jalan

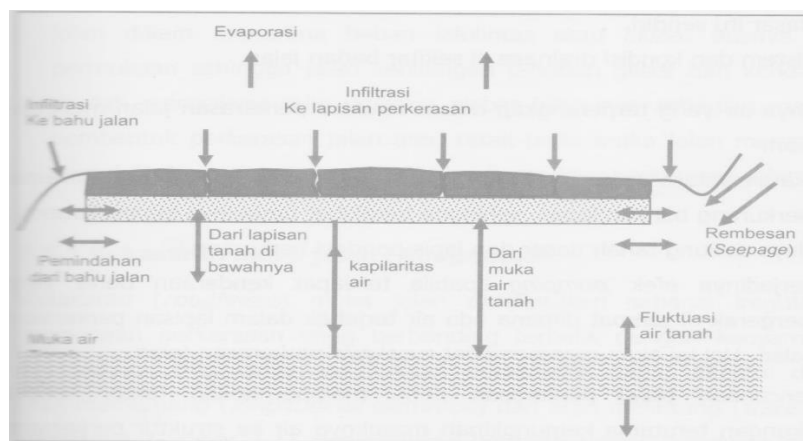
Fungsi jalan dapat menggambarkan jenis kendaraan pengguna jalan dan beban lalu lintas yang akan dipikul oleh struktur perkerasan jalan. Sebagai contoh, lalu lintas angkutan barang menggunakan truk berat, trailer tunggal, atau trailer ganda pada umumnya melintasi jalan arteri suatu wilayah.

Undang-undang No.38 Tahun 2004 tentang jalan membedakan jalan berdasarkan peruntukannya menjadi jalan umum dan jalan khusus. Jalan umum adalah jalan yang diperuntukan bagi lalu lintas umum, sedangkan jalan khusus adalah jalan yang dibangun oleh instansi, atau badan usaha, dan bukan diperuntukan bagi lalu lintas umum dalam rangka distribusi barang dan jasa yang diperlukan.

4. Kondisi lingkungan

Kondisi lingkungan sangat mempengaruhi daya tahan dan mutu pelayanan struktur perkerasan jalan yang terletak di lokasi tersebut. Pelapukan material tidak hanya disebabkan oleh repetisi beban lalu lintas rencana, tetapi juga oleh cuaca dan air yang ada didalam dan sekitar struktur perkerasan jalan. Perubahan temperature yang terjadi selama siang dan malam hari, menyebabkan mutu struktur perkerasan jalan berkurang, menjadi aus dan rusak. Di Indonesia perubahan temperature dapat terjadi karena perubahan musim dari musim penghujan ke musim kemarau atau karena pergantian siang dan malam.

Air masuk ke struktur perkerasan jalan melalui berbagai cara seperti infiltrasi melalui retak pada permukaan jalan, sambungan perkerasan, muka air tanah dan fluktuasinya, sifat kapilaritas air tanah, rembesan (*seepage*) dari tempat yang lebih tinggi di sekitar struktur perkerasan, atau dari bahu jalan, dan mata air dilokasi. Gambar 2.27 menggambarkan aliran air yang mungkin terjadi di sekitar struktur perkerasan



Gambar 2.27 Aliran Air di sekitar Struktur Perkerasan Jalan
(Sumber: Sukirman, 2010)

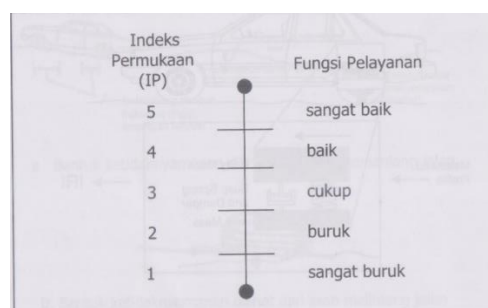
Perencanaan tebal perkerasan perlu memperhatikan faktor kondisi lingkungan terutama kemungkinan masuknya air ke struktur perkerasan jalan dan cepat atau lambatnya air meninggalkan perkerasan jalan ketika turun hujan.

5. Kinerja struktur perkerasan (*pavement performance*)

Mutu struktur perkerasan jalan menentukan kinerja struktur perkerasan jalan dalam memberikan pelayanan sehingga mampu memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan. Berbagai faktor mempengaruhi kinerja struktur perkerasan jalan seperti:

- a. Mutu setiap lapis perkerasan jalan menentukan mutu stabilitas struktur perkerasan jalan menerima beban lalu lintas selama masa pelayanan jalan. Jalan yang menurun stabilitasnya akan mengakibatkan terjadinya alur (*rutting*) yaitu deformasi pada lintasan roda kendaraan, gelombang dalam arah melintang jalan yang disebut keriting (*corrugation*), deformasi setempat (*shoving*), atau amblas.
- b. Bentuk fisik muka jalan dapat merupakan dampak dari mutu stabilitas jalan dalam menerima beban lalu lintas atau akibat ausnya lapis permukaan sehingga jalan kehilangan tahanan geser dan kendaraan mudah mengalami slip. Lubang akibat hilangnya sebagian material pembentukan perkerasan jalan atau retak pada muka jalan merupakan bentuk fisik yang mempengaruhi kinerja struktur perkerasan jalan.

Kinerja struktur perkerasan jalan untuk menerima beban dan melani arus lalu lintas secara empiris dinyatakan dengan index permukaan (IP). IP diadopsi dari AASHTO yaitu *Serviceability Index*, merupakan skala penilaian kinerja struktur perkerasan jalan yang memiliki rentang antara angka 1 sampai denan 5 seperti pada Gambar 2.28.



Gambar 2.28 Skala Nilai Ip Sesuai AASHTO

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Pt T-01-2002 B)

Dalam Pedoman Perencanaan Perkerasan Lentur, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Pt T-01-2002 B). Kondisi permukaan perkerasan dinyatakan dalam skala indeks permukaan (IP), seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.16 Indeks Permukaan (IP) didefinisikan sebagai nilai ketidakrataan dan kekuatan perkerasan yang berhubungan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat (Sukirman, 2010).

Tabel 2.16 Skala Indeks Permukaan (IP)

Skala IP	Kategori
1,0	Permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.
1,5	Tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).
2,0	Tingkat pelayanan terendah bagi jalan yang masih mantap.
2,5	Permukaan jalan masih cukup stabil dan baik.

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Pt T-01-2002 B)

Tabel 2.17 Indeks Permukaan Akhir Umur Rencana (IP_t)

Klasifikasi Jalan			
Lokal	Kolektor	Arteri	Bebas Hambatan
1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
1,5	1,5 – 2,0	2,0	-
1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	-
-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Pt T-01-2002 B)

Tabel 2.18 Indeks Permukaan Awal Umur Rencana (IP₀)

Jenis Lapis Perkerasan	IP ₀	Ketidakrataan* (IRI, mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1,0
	3,9 – 3,5	> 1,0
LASBUTAG	3,9 – 3,5	≤ 2,0
	3,4 – 3,0	> 2,0
LAPEN	3,4 – 3,0	≤ 3,0
	2,9 – 2,5	> 3,0

*Alat pengukur ketidakrataan yang digunakan dapat berupa *roughmeter* NAASRA, *Bump Integrator*, dll.

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Pt T-01-2002 B)

6. Umur rencana

Umur rencana perkerasan baru seperti yang ditulis di dalam Tabel 2.19.

Tabel 2.19 Umur Rencana Perkerasan Baru

Jenis Perkerasan	Elemen perkerasan	Umur rencana (tahun)
Perkerasan Lentur	lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Pondasi jalan	40
	semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diijinkan sering ditinggikan akibat pelapisan ulang, misal : jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan.	
Perkerasan Kaku	lapis pondasi , lapis pondasi bawah, lapis beton semen	

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No. 22.2 /KPTS/Db/2012)

2.3.5 Metode perencanaan perkerasan metode No. 22.2 /KPTS/Db/2012

Manual perencanaan perkerasan ini digunakan untuk menghasilkan desain awal yang kemudian hasil tersebut diperiksa terhadap pedoman desain perkerasan Pd T-01-2002B, dan *Software* Desain Perencanaan Jalan Perkerasan Lentur (SDPJL) untuk desain perkerasan lentur, dan dengan Pd T-14-2003 untuk desain perkerasan kaku. Perubahan yang dilakukan terhadap desain awal menggunakan manual ini harus dilakukan dengan penuh pertimbangan dan kehati-hatian.

Metode ini merupakan pelengkap pedoman desain perkerasan Pd T-01-2002-B dan Pd T14-2003, dengan penajaman pada aspek-aspek sebagai berikut:

- A. Penentuan umur rencana
- B. Penerapan minimalisasi lifecycle cost
- C. Pertimbangan kepraktisan pelaksanaan konstruksi;

D. Penggunaan material yang efisien.

Prosedur desain perkerasan lentur dapat diuraikan menjadi:

1. Penentuan umur rencana sesuai Tabel 2.19.
2. Penentuan nilai CESA untuk umur rencana yang telah dipilih.

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas rencana pada lajur rencana selama umur rencana, yang ditentukan sebagai:

$$ESA = (\sum_{\text{jenis kendaraan}} LHRT \times VDF) \dots\dots\dots (2.20)$$

$$CESA = ESA \times 365 \times R \dots\dots\dots (2.21)$$

dimana : ESA = *Equivalent Standard Axle*

CESA = *Cumulative Equivalent Standard Axles*

LHRT = *Lalulintas harian rata – rata tahunan*

VDF = *Vehicle damage factor* (Tabel 2.20)

D_L = *Faktor Distribusi Lajur* (Tabel 2.21)

R = *Faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data - data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang valid, bila tidak ada dapat menggunakan Tabel 2.22*

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i} \dots\dots\dots (2.22)$$

3. Penentuan nilai *Traffic Multiplier* (TM)

Nilai TM kelelahan lapisan aspal (TM) untuk kondisi pembebanan yang berlebih di Indonesia adalah berkisar 1,8 - 2. Nilai yang akurat berbeda-beda tergantung dari beban berlebih pada kendaraan niaga di dalam kelompok truk. Tabel 2.21 memberikan perhitungan TM lapisan aspal untuk setiap distribusi kelompok kendaraan niaga dan pembebanan standar di Indonesia.

4. Hitung CESA₅

$$CESA_5 = TM \times CESA_4 \dots\dots\dots (2.23)$$

5. Tentukan seksi-seksi subgrade yang seragam dan daya dukung subgrade

Tabel 2.20 Klasifikasi Kendaraan dan Nilai VDF Standar

Jenis Kendaraan		Barang yang diangkut	Faktor ekivalensi beban (VDF = ESA / kendaraan)		DATA PEKERJAAN		
Klasifikasi Lama	Alternatif	Uraian kendaraan	Pangkat	Pangkat ²	LHRT per jenis kendaraan	Hitungan VDF ² LHRT	Hitungan VDF ² AADT
KENDARAAN NIAGA							
5a	5a	Bus Kecil	0.3	0.2		0	0
5b	5b	Bus Besar	1	1		0	0
6a.1	6.1	Truk 2 sumbu - ringan	0.3	0.2		0	0
6a.2	6.2	Truk 2 sumbu - ringan kargo	0.8	0.8		0	0
6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu - medium	0.7	0.7		0	0
6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu - medium kargo	1.6	1.7		0	0
6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu - berat	0.9	0.8		0	0
6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu - berat kargo	7.3	11.2		0	0
7a1	9.1	Truk 3 sumbu	7.6	11.2		0	0
7a2	9.2	Truk 3 sumbu kargo	28.1	64.4		0	0
7a3	9.3	Truk 3 sumbusumbu kendali ganda	28.9	62.2		0	0
7b	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	36.9	90.4		0	0
7c1	11	Truk 4 sumbu - trailer	13.6	24		0	0
7c2.1	12	Truk 5 sumbu - trailer	19	33.2		0	0
7c2.2	13	Truk 5 sumbu - trailer	30.3	69.7		0	0
7c3	14	Truk 6 sumbu- trailer	41.6	93.7		0	0
TRAFFIC MULTIPLIER UNTUK JALAN 2 LAJUR YANG DIGUNAKAN DALAM DESAIN PERKERASAN			ESA / hari pada hari survey lalin				
			TM_{asphalt}				

(sumber: Manual desain perkerasan jalan No. 22.2 /KPTS/Db/2012)

Tabel 2.21 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada jalur rencana (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No. 22.2 /KPTS/Db/2012)

Tabel 2.22 Faktor Pertumbuhan Lalulintas (i)

	2011-2020	$\geq 2021-2030$
Arteri dan perkotaan	5	4
Rural (%)	3.5	2.5

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No. 22.2 /KPTS/Db/2012)

6. Tentukan struktur pondasi jalan (Tabel 2.24)
7. Tentukan struktur perkerasan yang memenuhi syarat dari Tabel 2.27
8. Periksa apakah setiap hasil perhitungan secara struktur sudah cukup kuat (berdasarkan Pd T-01-2002-B)
9. Tentukan standar drainase bawah permukaan yang harus di buat

Drainase bawah permukaan (*sub surface pavement drainage*) harus disediakan untuk memenuhi ketentuan-ketentuan berikut:

- semua lapis pondasi bawah (sub base) harus terdrainase sempurna.
- desain pelebaran perkerasan harus menjamin tersedianya drainase sempurna dari lapisan berbutir terbawah pada perkerasan eksisting.
- drainase lateral harus diberikan sepanjang tepi timbunan apabila lintasan aliran dari lapisan sub base ke tepi timbunan lebih dari 300 mm.
- apabila ketinggian sub base lebih rendah dari pada ketinggian permukaan tanah sekitarnya, baik di daerah galian ataupun di permukaan tanah asli, maka harus dipasang drainase bawah permukaan (bila memungkinkan keadaan ini dapat dihindari dengan desain geometris yang baik), bila drainase bawah permukaan tidak tersedia, maka harus digunakan penyesuaian dengan faktor “m” (Tabel 2.28).

Tabel 2.23 Perkiraan nilai CBR tanah dasar (tidak dapat digunakan untuk tanah aluvial berkepadatan rendah atau jenuh dan tanah gambut)

Jenis Tanah	Posisi muka air	LHRT <2000		LHRT ≥2000	
		Semua galian kecuali terindikasi lain seperti kasus 3 dan timbunan tanpa drainase sempurna dan FSL < 1000 mm diatas muka tanah asli	Galian di zona iklim 1 dan semua timbunan dengan drainase sempurna (m ≥ 1) dan FSL > 1000mm di atas muka tanah asli	Semua galian kecuali terindikasi lain seperti kasus 3 dan timbunan tanpa drainase sempurna dan FSL < 1000 mm diatas muka tanah asli	Galian di zona iklim 1 dan semua timbunan dengan drainase sempurna (m ≥ 1) dan FSL > 1000mm di atas muka tanah asli
Lempung subur	Posisi	1	2	4	6
Lempung kelanauan		4	4,3	4,5	5,5
Lempung kepasiran	10	4	4,3	4,5	6
Lanau		1	1,3	1	2

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No. 22.2 /KPTS/Db/2012)

Tabel 2.24 Desain Struktur Pondasi Minimum

CBR Tanah Dasar	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur desain pondasi	Deskripsi struktur pondasi jalan	lalu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta CESA _g)			
				< 2	2 - 4	> 4	
				Tebal minimum peningkatan tanah dasar			
≥ 6	SG6	A	Perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilisasi kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤200 mm tebal lepas)	Tidak perlu peningkatan			
5	SG5					100	
4	SG4			100	150	200	
3	SG3			150	200	300	
2.5	SG2.5			175	250	350	
Tanah ekspansif (<i>potential swell</i> > 5%)		AE		400	500	600	
Perkerasan lentur diatas tanah lunak ⁵	SG1 aluvial ¹	B	Lapis penopang (<i>capping layer</i>) ⁽²⁾⁽⁴⁾	1000	1100	1200	
			Atau lapis penopang dan geogrid ⁽²⁾⁽⁴⁾	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau perkerasan Burda untuk jalan kecil (nilai minimum – peraturan lain digunakan)			D	Lapis penopang berbutir ⁽²⁾⁽⁴⁾	1000	1250	1500

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No. 22.2 /KPTS/Db/2012)

Tabel 2.25 Desain Perkerasan Lentur

STRUKTUR PERKERASAN									
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8		
Lihat desain 5 & 6			Lihat BaganDesain 4 untuk alternatif lebih murah ³						
Pengulangan beban sumbu desain 20 tahun terkoreksi di lajur desain(pangkat 5) (10 ⁶ CESA ₅)	< 0,5	0,5 – 2,0	2,0 – 4,0	4,0 - 30	30 – 50	50 – 100	100 – 200	200 – 500	
Jenis permukaan pengikat	HRS, SS, atau Penmac	HRS (6)		AC _c atau AC _f	AC _c				
Jenis lapis Pondasi dan lapis Pondasi bawah	Lapis Pondasi Berbutir A			Cement Treated base (CTB) (= cement treated base A)					
	KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
HRS WC	30	30	30						
HRS Base	35	35	35						
AC WC					40	40	40	50	
AC BC ^o					135	155	185	280	
CTB ⁺					150	150	150	150	
LPA Kelas A ^z	150	250	250	150	150	150	150	150	
LPA Kelas A, LPA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR > 10%	150	125	125						

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No. 22.2 /KPTS/Db/2012)

- Drainase bawah permukaan harus disediakan didekat saluran U dan struktur lain yang menutup aliran air dari setiap lapisan sub base. Lubang kecil (weep holes) harus ditempatkan secara benar selama konstruksi.
- Drainase bawah permukaan harus ditempatkan pada kemiringan yang seragam tidak kurang dari 0,5% sehingga air akan mengalir dengan bebas sepanjang drainase sampai ke titik keluar (outlet point). Selain itu harus juga tersedia titik akses untuk membersihkan drainase atau titik pembuangan (discharge point) pada jarak tidak lebih dari 60 m.
- level titik masuk dan pembuangan drainase bawah permukaan harus lebih tinggi dari muka banjir rencana sesuai standar desain drainase.
- untuk jalan 2 jalur terpisah (divided road) dengan superelevasi apabila drainase di arahkan ke median, maka harus diberi sistem drainase bawah permukaan di median tersebut.

10. Tetapkan ketentuan-ketentuan pendetailan daya dukung tepi

Struktur perkerasan memerlukan daya dukung tepi yang cukup, terutama bila terletak pada tanah lunak atau tanah gambut (*peat*). Ketentuan daya dukung tepi harus dinyatakan secara rinci di dalam gambar-gambar kontrak (*drawings*). Ketentuan minimum adalah:

- Setiap lapis pekerasan harus dipasang sampai lebar yang sama atau lebih dari nilai minimum yang dinyatakan dalam Gambar 2.28
- Timbunan pada tanah lunak ($\text{CBR} < 2\%$) dan tanah gambut (*peat*) harus dipasang pada kemiringan tidak lebih curam dari 1V : 3H.

11. Desain bahu jalan

Posisi bahu bersampingan dengan perkerasan lentur atau kaku, dan dikonstruksi dari beberapa jenis material tergantung pada lalu lintas dan penggunaan bahu. Bahu tanah disiapkan untuk area dengan pemanfaatan bahu minimal. Bahu stabilisasi agregat dan bahu diperkeras (aspal atau beton) umum digunakan untuk area lainnya.

a. Bahu Tanah

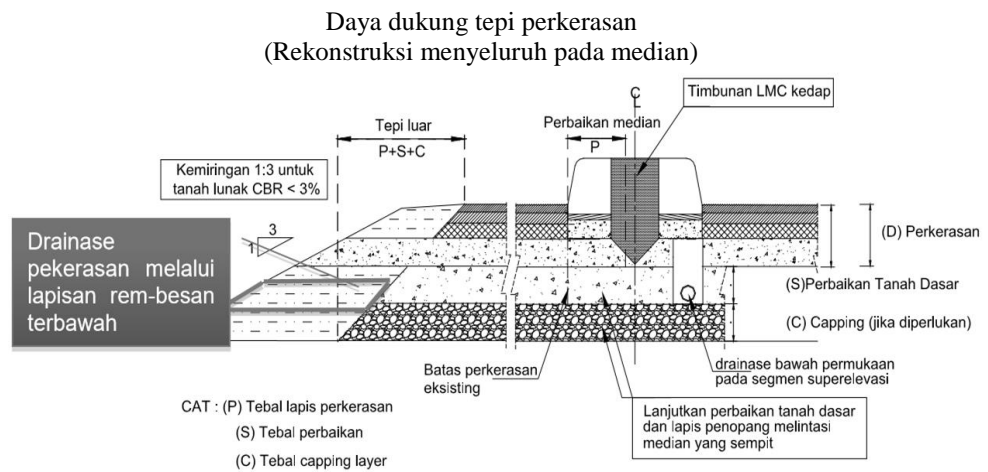
Jika bahu tanah direkomendasikan, maka perlu diperhatikan pemilihan tanah yang akan digunakan dengan karaktersitik kembang susut cukup

rendah dan yang relatif tidak kedap. Tanah plastis dan dengan perubahan volume tinggi harus dihindari karena akan menyebabkan retak susut yang lebar sepanjang tepi perkerasan. Secara umum, tanah dengan indeks plastisitas kurang dari 25, dan karakteristik perubahan volume kurang dari 45% akan memberikan hasil yang memuaskan.

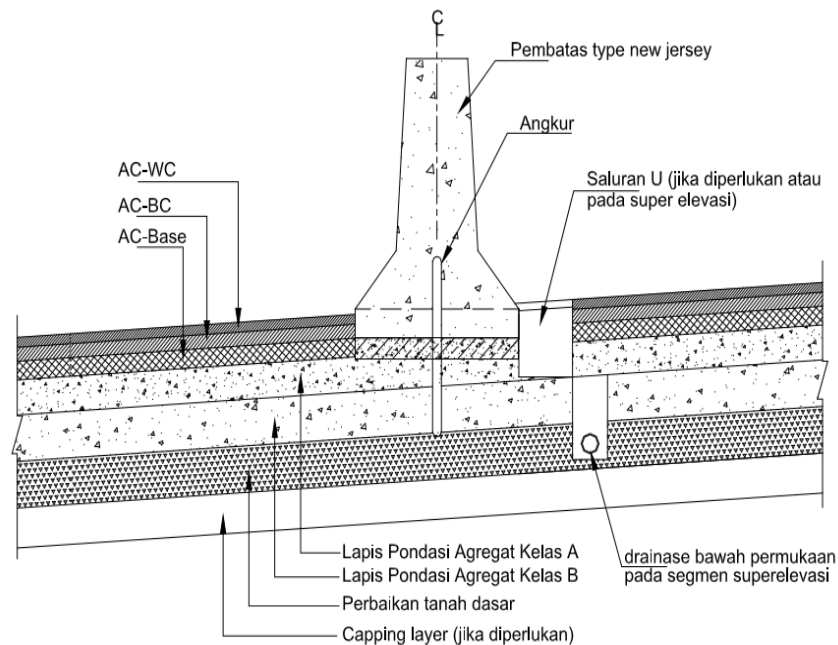
Tabel 2.26 Koefisien drainase m untuk tanah dasar dengan drainase buruk

Kondisi Lapangan (digunakan untuk pemilihan nilai m yang sesuai)	nilai ' m ' utk desain	Detail Tipikal
1. Galian dengan drainase bawah permukaan berdrainase sempurna (keluaran drainase sub soil selalu diatas muka banjir)	1.2	
2. Timbunan dengan lapis pondasi bawah menerus sampai bahu (day-lighting) (tidak terkena banjir)	1.2	
3. Diatas permukaan tanah dengan drainase sub soil. median datar, terkadang drainase sub soil dibawah muka banjir	1.0	
4. Timbunan dengan tepi permeabilitas rendah dengan pondasi bawah boxed	0.9	
5. Galian, pada permukaan tanah, atau timbunan tanpa drainase sub soil dan tepi dengan permeabilitas rendah >500mm	0.7	
6. Tanah dasar jenuh secara permanen selama musim hujan dan teralirkan. Tanpa titik keluar untuk system sub soil. Aturan lapis penopang juga berlaku	0.4	

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No. 22.2 /KPTS/Db/2012)



Daya dukung tepi perkerasan pada median



Gambar 2.29 Dukungan terhadap tepi perkerasan
(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No. 22.2 /KPTS/Db/2012)

b. Bahu stabilisasi

Bahu stabilisasi agregat dan bahu diperkeras memberikan perkerasan yang lebih aman untuk mengakomodasi kendaraan untuk alasan darurat atau lainnya. Bahu diperkeras merupakan bagian tak terpisahkan dari struktur perkerasan dan dipertimbangkan sebagai konfigurasi desain perkerasan.

Pemilihan tipe bahu merupakan fungsi dari lalu lintas, sebagaimana dalam Tabel 2.27.

Tabel 2.27 Pemilihan Bahu Jalan

LL Ekvivalen (10^6 ESA ₄)	LHR	Bahu disarankan
>100		Bahu diperkeras
25-100		Bahu diperkeras
<25	400	Bahu tanah
	400-750	Bahu stabilisasi agregat tebal 75 mm
	750-1700	Bahu stabilisasi agregat tebal 150 mm
	1700-3500	Bahu stabilisasi agregat tebal 200 mm
	>3500	Bahu diperkeras material dan tebal sama dengan perkerasan
Urban	<20.000	Bahu tanah atau stabilisasi agregat
	>20.000	Bahu diperkeras

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan No. 22.2 /KPTS/Db/2012)

2.4 Drainase

Dalam pembangunan dan pemeliharaan jalan, drainase sangat penting diperhatikan. Selain akibat tanah dasar yang buruk, kondisi drainase yang buruk, juga menjadi penyebab utama kerusakan perkerasan. Genangan air yang terlalu lama dilingkungan perkerasan menjadi melunak dan berkurang kekuatannya. Drainase juga merupakan masalah penting sebelum dilakukannya perancangan perkuatan perkerasan, seperti pemberian lapis tambahan.

Drainase jalan yang baik harus mampu menghindarkan masalah-masalah atau kerusakan jalan yang di akibatkan oleh pengaruh cuaca dan beban lalu-lintas.

Penjenuhan sebagian dari komponen perkerasan atau dibawah material pondasi menjadi penyebab utama terjadinya kerusakan perkerasan.

Drainase untuk perkerasan jalan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Saluran drainase harus dapat mengalirkan atau membuang air dengan cepat kesungai atau saluran drainase alam atau buatan manusia.
2. Saluran drainase harus membuang air hujan atau air dari sumber lain yang berasal dari area perkerasan jalan.
3. Saluran Drainase harus mengeliminasi dan mengendalikan air bawah tanah yang dapat melunakan timbunan, melemahkan kapasitas daya dukung tanah dasar, dan dapat mengakibatkan erosi atau kelongsoran timbunan dan galian. Struktur drainase tanah dasar dibutuhkan, bila terdapat kondisi-kondisi sebagai berikut:

1. Muka air tanah tinggi, sehingga dapat mereduksi stabilitas tanah dasar.
2. Tanah dasar yang terdiri dari lanau dan pasir sangat halus yang mungkin akan cair/lunak saat kondisinya jenuh air
3. Tanah dasar yang memotong rembesan air dibawah tanah, atau tanah dasar merupakan tanah asli yang digali. (Hardiyatmo: 2011)

2.4.1 Fungsi drainase pada perkerasan

Fungsi drainase pada perkerasan terutama adalah untuk:

1. Membuang air di permukaan struktur perkerasan
2. Menurunkan muka air tanah
3. Mereduksi tekanan hidrostatik
4. Mencegah erosi

2.4.2 Tipe-tipe drainase jalan

1. Drainase permukaan (*surface drainage*)

Drainase permukaan berfungsi untuk membuang air dari permukaan perkerasan dan area pembebasannya. Drainase air permukaan harus dapat mengalirkan air hujan dan membuangnya ke saluran pembuang. Pada

prinsipnya, drainase jalan harus mampu mengalirkan air permukaan kedalam sistem saluran yang telah ada, sehingga perkerasan dapat terhindar dari akibat buruk dari problem yang ditimbulkan oleh air.

2. Drainase bawah permukaan (*subdrain* atau *under drain*)

Drainase bawah permukaan adalah drainase yang diletakan di bawah permukaan struktur jalan. Drainase bawah ini digunakan untuk menampung dan mengalirkan air yang merembes ke struktur perkerasan dan tanah disekitarnya. Dengan demikian, system drainase bawah permukaan dirancang untuk mengalirkan air secepatnya dan mencegah air yang melunakan tanah dasar.

Berbagai macam tipe drainase bawah permukaan telah digunakan untuk menyingkirkan kelembaban air didalam sistem perkerasan. Sistem drainase bawah permukaan secara tipikal terdiri dari (FHWA,2006):

- Drainase pinggir arah memanjang
- Drainase arah melintang dan horizontal
- Lapis pondasi lolos air
- Drainase dalam (*deepdrain*) atau drainase bawah (*underdrain*)
- Drainase pemotong (*interceptor drain*)

Namun perencanaan kedua jenis drainase di atas harus memiliki keterpaduan tujuan agar perencanaan drainase jalan tercapai. (Hardiyatmo: 2011)

2.4.3 Metode desain drainase Pd.T-02-2006

Prosedur desain drainase menurut Pd.T-02-2006 dapat di uraikan menjadi:

1. Menghitung debit air rencana (Q)

Langkah perhitungan debit air rencana (Q) di uraikan menjadi:

- a. Plot rute jalan pada topografi.
- b. Tentukan panjang segmen, daerah pengaliran, luas (A), Kemiringan lahan (i_p) dari peta topografi.
- c. Identifikasi jenis bahan permukaan daerah pengaliran.
- d. Tentukan koefisien aliran (C) berdasarkan kondisi permukaan kemudian dikalikan dengan harga factor limpasan sesuai Tabel 2.29.

- e. Hitung koefisien aliran rata-rata dengan rumus:

$$C = \frac{C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 + C_3 \times A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \dots\dots\dots (2.24)$$

- f. Tentukan kondisi permukaan berikut koefisien hambatan, (nd)

- g. Hitung waktu konsentrasi (Tc) dengan rumus:

$$T_c = T_1 + T_2 \dots\dots\dots (2.25a)$$

$$\text{dimana} \quad T_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_0 \times \frac{nd}{\sqrt{I}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots (2.25b)$$

$$T_2 = \frac{L}{60 \times V} \dots\dots\dots (2.25c)$$

- h. Siapkan data curah hujan dari BMKG tentukan periode ulang rencana untuk saluran drainase, yaitu 5 tahun.

- i. Hitung intensitas curah hujan sesuai SNI 03-2415-1991, metode perhitungan debit banjir.

- j. Hitung debit air (Q) dengan rumus:

$$Q = \frac{1}{36} \times C \times I \times A \dots\dots\dots (2.26)$$

2. Menghitung dimensi dan kemiringan saluran dan gorong-gorong

Perhitungan dimensi saluran dapat disesuaikan dengan kondisi yang ada yaitu berdasarkan :

- a. Penentuan awal bahan saluran

- Penentuan bahan saluran, koefisien manning (n) Tabel 2.27, dan kecepatan (V) pada saluran yang diizinkan Tabel 2.28, bentuk saluran table 2.30, dan penentuan kemiringan saluran yang diizinkan Tabel 2.29.
- Tentukan kecepatan saluran < kecepatan yang diizinkan.
- Hitung tinggi jagaan dengan rumus :

$$W = \sqrt{0,5 \times d} \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.27)$$

- b. Penentuan awal dimensi saluran

- Tentukan perkiraan dimensi saluran sesuai ruang yang tersedia, koefisien manning (n) Tabel 2.27.

- Tentukan kemiringan saluran berdasarkan bahan atau mengikuti kemiringan permukaan jalan untuk menentukan kecepatan air dalam saluran.
- Tentukan kecepatan saluran

$$V = \frac{1}{n} x R^{2/3} x I^{1/2} \dots\dots\dots (2.28)$$
- Hitung tinggi jagaan dengan persamaan (2.27)

Tabel 2.28 Koefisien manning (n)

No.	Tipe saluran	Baik sekali	Baik	Sedang	Jelek
SALURAN BUATAN					
1	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3	Saluran pada dinding batuan, lurus teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
4	Saluran dinding batuan, tidak lurus tidak teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5	Saluran batuan yang diledaikan, ada tumbuh-tumbuhan.	0,025	0,030	0,035	0,040
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah.	0,020	0,025	0,028	0,030
SALURAN ALAM					
8	Bersih, lurus, tidak berpasir dan tidak berlubang	0,025	0,028	0,030	0,033
9	Seperti no.8, ada timbunan atau kerikil	0,030	0,035	0,038	0,040

Lanjutan 1...

10	Melengkung, bersih, berlubang dan berinding pasir	0,030	0,035	0,040	0,045
11	Seperti no.10, dangkal, tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12	Seperti no.10, berbatu, ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13	Seperti no.11, sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060
14	Aliran pelan,banyak tumbuhan dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15	Banyak tumbuh- tumbuhan	0,075	0,100	0,125	0,150
SALURAN PASANGAN, BETON ATAU BATU KALI					
16	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,030	0,033	0,035
17	Seperti No.16, tapi dengan penyelesaian	0,017	0,020	0,025	0,030
18	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19	Saluran beton, halus, rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan Pd.T-02-2006)

3. Cek debit saluran harus kecil dari debit aliran, jika tidak sesuai maka harus diulang.
4. Hitung kemiringan saluran I_s

$$I_s = \left(\frac{V_{xn}}{R^3} \right)^2 \dots \dots \dots (2.29)$$
5. Periksa kemiringan tanah dilokasi yang dibangun saluran

$$I_s = \frac{elev1 - elev2}{L} \times 100\% \dots\dots\dots (2.30)$$

6. Bandingkan kemiringan saluran hasil perhitungan (I_s perhitungan) dengan kemiringan tanah yang diukur dari lapangan (I_s lapangan).
7. Untuk perencanaan gorong-gorong, bandingkan dengan kemiringan gorong-gorong dengan kemiringan yang diizinkan.

Tabel 2.29 Kecepatan aliran yang diizinkan berdasarkan bahan

No	Jenis saluran	Kecepatan yang diizinkan (m/det)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau aluvial	0,60
4	Kerikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,10
7	Kerikil kasar	1,20
8	Batu-batuan besar	1,50
9	Pasangan batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton bertulang	1,50

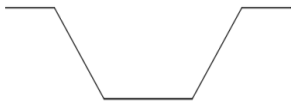

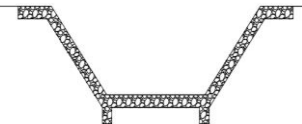
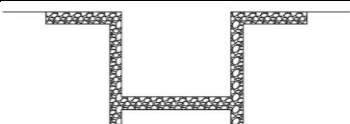
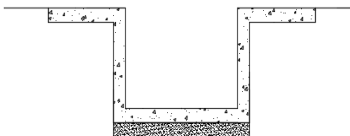
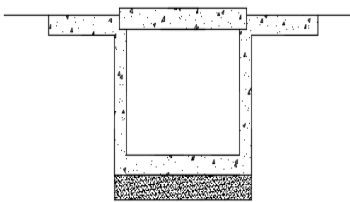
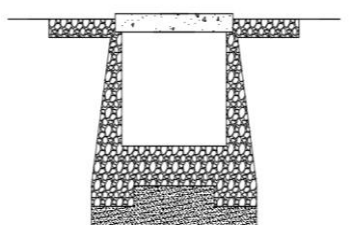

(Sumber :Perencanaan Sistem Drainase Jalan Pd.T-02-2006)

Tabel 2.30 Kemiringan saluran yang diizinkan

No.	Jenis Saluran	Kecepatan aliran yang diizinkan (m/det)
1	Tanah asli	0-5
2	Kerikil	5-7,5
3	Pasangan	7,5

(Sumber :Perencanaan Sistem Drainase Jalan Pd.T-02-2006)

Tabel 2.31 Bentuk penampang Saluran samping jalan

No.	Tipe Saluran Samping	Potongan Melintang	Bahan yang digunakan
1.	Bentuk Trapesium		Tanah Asli
2.	Bentuk Segitiga		Pasangan batu kali atau tanah asli
3.	Bentuk Trapesium		Pasangan batu kali
4.	Bentuk Segiempat		Pasangan batu kali
5.	Bentuk Segiempat		Beton bertulang pada bagian dasar diberi lapisan pasir ± 10 cm
6.	Bentuk Segiempat		Beton bertulang pada bagian dasar diberi lapisan pasir ± 10 cm, pada bagian atas ditutup plat beton bertulang
7.	Bentuk Segiempat		Pasangan batu kali pada bagian dasar diberi lapisan pasir ± 10 cm, pada bagian atas ditutup plat beton bertulang
8.	Bentuk setengah lingkaran		Pasangan batu kali atau beton bertulang

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan Pd.T-02-2006)

2.5 RAB dan Manajemen Proyek

2.5.1 Daftar harga satuan bahan dan upah

Harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapatkan di lokasi dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah.

Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Jadi dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan/proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pekerjaan.

2.5.2 Analisa satuan harga pekerjaan

Yang dimaksud dengan analisis satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan yang ada dalam satu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat didalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Adapun yang termasuk didalam analisa satuan harga ini adalah :

1. Analisa harga satuan pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan-perhitungan biaya pada setiap pekerjaan yang ada pada suatu proyek. Dalam menghitung analisa satuan pekerjaan, sangatlah erat hubungan dengan daftar harga satuan bahan dan upah

2. Analisa satuan alat berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu :

- a. Pendekatan *on the job*, yaitu pendekatan yang dimaksudkan untuk mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh dari data hasil lapangan dan data ini biasanya didapat dari pengamatan observasi lapangan.

- b. Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

2.5.3 Perhitungan volume pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan – pekerjaan yang ada di dalam suatu proyek.

Volume pekerjaan diuraikan secara rinci-rinci besar volume atau kubikasi suatu pekerjaan. Menguraikan berarti menghitung besar volume masing-masing pekerjaan sesuai dengan gambar bestek dan gambar detailnya.

2.5.4 Perhitungan rencana anggaran biaya

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat, dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda- berbeda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu :

1. Anggaran biaya kasar (taksiran)

Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi (m^2) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti.

2. Anggaran biaya teliti

Yang dimaksud dengan anggaran biaya teliti, ialah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya. Pada anggaran biaya kasar sebagaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga

taksiran setiap luas lantai m^2 . Taksiran tersebut haruslah berdasarkan harga yang wajar, dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti. Penyusunan anggaran biaya yang dihitung secara teliti, didasarkan atau didukung oleh:

- Bestek, berguna untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat.
- Gambar bestek, berguna untuk menentukan/menghitung besarnya masing-masing volume pekerjaan.
- Harga satuan pekerjaan, didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan analisa BOW.

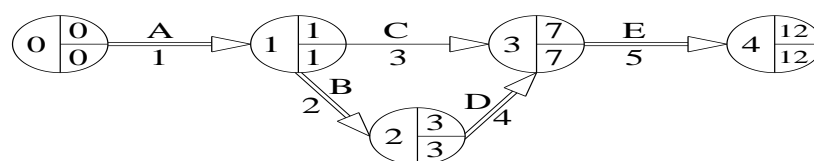
2.5.5 Rekapitulasi biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya.

Rekapitulasi biaya kadang-kadang dicantumkan secara jelas suatu prosentase untuk jasa/keuntungan pemborong (pada proyek swasta). Angka terakhir berupa jumlah total yang dibulatkan kemudian dituliskan dalam bentuk kalimat.

2.5.6 Manajemen proyek

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap-tiap pekerjaan yang ada. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram *network*, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain, atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain.



Gambar 2.30 Sketsa *Network Planning*

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

1. Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis
2. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek
3. Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan rencana *scheduling* (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya
4. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

Sedangkan data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah :

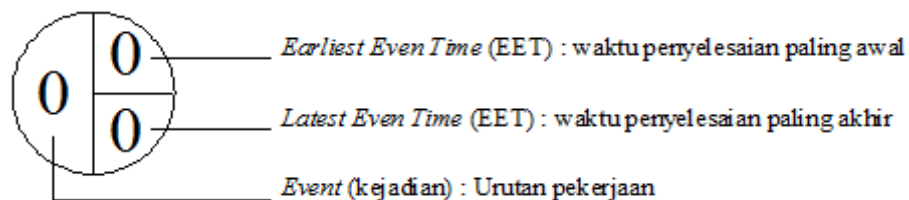
1. Urutan pekerjaan yang logis
Harus disusun pekerjaan yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang kemudian mengikutinya.
2. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan
Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Kalau proyek itu baru sama sekali biasanya diberi *slack*/kelonggaran waktu.
3. Biaya untuk mempercepat pekerjaan
Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berdada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya: Biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

Sebelum menggambar diagram NWP ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan, antara lain:

1. Panjang, pendek, maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak memiliki arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya *duration* maupun *resources* yang dibutuhkan
2. Kegiatan apa yang mendahului dan kegiatan apa yang mengikuti
3. Kegiatan apa yang dapat dilakukan bersama-sama
4. Kegiatan itu dibatasi mulai dan selesai
5. Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktifitas-aktifitas itu
6. Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan
7. Besar kecilnya lingkaran juga tidak memiliki arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.

Simbol-simbol yang digunakan dalam menggambar NWP:

- 1 \longrightarrow (*arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resources* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah *nodes*, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan – urutan waktu.
- 2 \bigcirc (*node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan – kegiatan.
- 3 \Longrightarrow (*double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).
- 4 $-----\longrightarrow$ (*dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus – putus yang artinya kegiatan semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu ini adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan – hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.



Gambar 2.31 Simbol kejadian

2.5.7 Barchart

Diagram *barchart* mempunyai hubungan yang erat dengan *network planning*. *Barchart* ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

Barchart merupakan bentuk rencana paling sederhana yang digunakan di lapangan, kegiatan yang dilakukan digambarkan dalam bentuk balok pada skala waktu.

2.5.8 Kurva S

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran.

Bila Kurva S dari rencana progres dan pelaksanaan dibandingkan maka dapat diketahui secara visual besarnya dan kecenderungan dari penyimpangan yang terjadi, apakah pelaksanaan lebih cepat atau lebih lambat dari rencana yang disepakati.